



ISSN (print): 2499-6955
ISSN (on line): 2499-6661

Consiglio Nazionale delle Ricerche

IRCrES

ISTITUTO DI RICERCA SULLA CRESCITA ECONOMICA SOSTENIBILE
RESEARCH INSTITUTE ON SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH

Quaderni IRCrES



Numero 1/2019

Le nanotecnologie e le nanoscienze in Piemonte: introduzione teorica e dati
Ugo Finardi

Il sistema piemontese delle nanotecnologie
Ugo Finardi

*Il ruolo della Grey Literature e della letteratura scientifica
nella diffusione della conoscenza*
Greta Falavigna

A tavola nei convitti borbonici: cibo, istruzione e potere costituito (1816-1860)
Maurizio Lupo, Tommaso Russo

Gauging Science & Technology
Mario de Marchi

Recensioni / Reviews / Notes de lecture

Direttore Secondo Rolfo

Direzione CNR-IRCrES
Istituto di Ricerca sulla crescita economica sostenibile
Via Real Collegio 30, 10024 Moncalieri (Torino), Italy
Tel. +39 011 6824911 / Fax +39 011 6824966
segreteria@ircres.cnr.it
www.ircres.cnr.it

Sede di Roma Via dei Taurini 19, 00185 Roma, Italy
Tel. +39 06 49937809 / Fax +39 06 49937808

Sede di Milano Via Bassini 15, 20121 Milano, Italy
Tel. +39 02 23699501 / Fax +39 02 23699530

Sede di Genova Università di Genova Via Balbi, 6 - 16126 Genova
Tel. +39 010 2465459 / Fax +39 010 2099826

Redazione Secondo Rolfo (direttore responsabile)
Francesca Corriere
Antonella Emina
Diego Margon
Anna Perin
Isabella Maria Zoppi

 redazione@ircres.cnr.it

 www.ircres.cnr.it/index.php/it/produzione-scientifica/pubblicazioni

QUADERNI IRCRES, anno 4, numero 1, aprile 2019



aprile 2019 by CNR-IRCrES

Indice / Contents

Le nanotecnologie e le nanoscienze in Piemonte: introduzione teorica e dati UGO FINARDI	3-15
Il sistema piemontese delle nanotecnologie UGO FINARDI	17-44
Il ruolo della Grey Literature e della letteratura scientifica nella diffusione della conoscenza GRETA FALAVIGNA	45-58
A tavola nei convitti borbonici: cibo, istruzione e potere costituito (1816-1860) MAURIZIO LUPO, TOMMASO RUSSO	59-65
Gauging Science & Technology MARIO DE MARCHI	67-71
Recensioni / Reviews / Notes de lecture Yvonne Fracassetti Brondino et Alain Fracassetti (2019). <i>La charrette à bras</i> (RAOUDHA GUEMARA)	73-76

LE NANOTECNOLOGIE E LE NANOSCIENZE IN PIEMONTE: INTRODUZIONE TEORICA E DATI

Nanotechnologies and nanosciences in Piedmont, Italy

UGO FINARDI^a

^aCNR-IRCrES, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile, Moncalieri (TO) – Italia

corresponding author: ugo.finardi@ircres.cnr.it

ABSTRACT

This work presents a descriptive analysis of the Regional System of Nanotechnologies and Nanosciences of Piedmont, an Italian Region located in the north-west of the Country. As far as the research is concerned, it contains a bibliometric analysis of the scientific publications. On the side of technologies, this research report describes and analyses regional nanotechnology patents. A second paper will follow to fully describe the nanoscience research topics undertaken by the researchers of the public research bodies and a sample of firms (mainly micro and SMEs) and their potential of collaboration with research. At the end it will introduce Regional initiatives supporting research, innovation and technology transfer and will resume results and offer suggestions for future regional development.

KEYWORDS: Nanotechnologies, nanosciences, Italy, Piedmont, technology transfer, regional system of innovation.

JEL codes: O32, Q55, R11, R12

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Finardi, U. (2019) Le nanotecnologie e le nanoscienze in Piemonte: introduzione teorica e dati. *Quaderni IRCrES*, 4(1), 3-15. <http://dx.doi.org/10.23760/2499-6661.2019.001>

- 1 Introduzione
- 2 Inquadramento teorico
 - 2.1 Le NST in generale e nelle scienze sociali
 - 2.2 I sistemi di innovazione regionali: casi internazionali e italiani
 - 2.3 Le NST in Italia e in Piemonte
- 3 La ricerca piemontese: dati bibliometrici
 - 3.1 Metodologia
 - 3.2 Risultati
 - 3.3 Commento conclusivo
- 4 I brevetti nanotech piemontesi
 - 4.1 Introduzione
 - 4.2 Metodologia
 - 4.3 Risultati
 - 4.4 Commenti conclusivi
- 5 Bibliografia

Il presente articolo è stato realizzato nell'ambito del progetto di ricerca "Le Nanotecnologie in Piemonte: studio per la creazione di un osservatorio operativo regionale" finanziato e sostenuto dalla Fondazione CRT. L'autore è grato alla Fondazione CRT per il sostegno che ha reso possibile il progetto. Si ringrazia MESAP (Piattaforma Tecnologica Regionale) che ha sostenuto il progetto e, in particolare, l'ing. P. Dondo per l'aiuto, l'incoraggiamento e la collaborazione. Si ringraziano i ricercatori e i docenti intervistati nell'ambito del presente progetto: per l'Università di Torino i proff. G. Ricchiardi, G. Cravotto, F. Turci, M. Truccato, I. Fenoglio; per il Politecnico di Torino i proff. F. Pirri, B. Bonelli, R. Sethi, B. Onida, C. Gerbaldi, R. Gonnelli, S. M. Spriano, A. Fina, F. Rossi, D. Fissore, F. Badini, A. Ferri, G. Malucelli, S. Bodoardo, P. Palmero, R. Pisano, C. Vitale Brovarone, G. Ciardelli, M. Gioianni, F. Corinto, M. Zamboni; per l'Università del Piemonte Orientale i proff. E. Gianotti e M. Laus; per l'INRIM il dr. L. Boarino; per il CNR-IMEM il dr. M. Cocuzza; per il CNR-IMAMOTER i dr. M. G. Faga e G. Gauthier di Confiengo; per il CNR-STIIMA i dr. C. Tonin e A. Varesano; per il CRF l'ing. N. Li Pira. Si ringraziano altresì i rappresentanti delle imprese intervistati nel corso della ricerca, che non vengono citati per motivi di riservatezza. L'autore è infine grato al Direttore del CNR-IRCrES, dr. S. Rolfo per il continuo sostegno e per la collaborazione scientifica, alla dr. A. Emina per la collaborazione e ai colleghi per l'incoraggiamento e la collaborazione.

1 INTRODUZIONE

Le Nanotecnologie e le Nanoscienze (d'ora in poi abbreviate in NST) sono un settore scientifico – tecnologico emerso con prepotenza negli ultimi decenni del XX secolo. Sono in realtà un settore composito, che deriva la propria natura ed il proprio campo di azione da svariate altre aree tecnico scientifiche già storicamente affermate: la Chimica, la Fisica, la Biologia, l'Ingegneria, le Scienze dei Materiali. Nel caso delle NST esse si differenziano perché, nell'ambito di queste scienze, viene posta particolare attenzione ad una caratteristica specifica dell'oggetto dello studio: quella delle dimensioni. Infatti le NST sfruttano le peculiarità del comportamento che la materia assume quando viene dimensionata a livello di nanometri (un nanometro è pari ad un milionesimo di millimetro). Le nanoscienze di conseguenza studiano oggetti dalle dimensioni comprese approssimativamente tra 1 e 100 nm (nanometri): particelle sferiche o di varia forma, superfici di tale spessore, circuiti elettronici, macromolecole, oggetti di origine biologica... Le nanotecnologie a loro volta studiano l'applicazione tecnologica di questi oggetti derivanti dai risultati delle nanoscienze.

Le NST sono considerate come una tecnologia *disruptive e general purpose* (Finardi, 2012). Questo perché sono di utilizzo in numerosissimi settori industriali e sono estremamente promettenti dal punto di vista della modifica dei paradigmi tecnologici. Sono anche parte delle KETs, le *Key Enabling Technologies* che dovrebbero modificare pesantemente l'industria del prossimo futuro.

Dal punto di vista storico le NST si sono evolute a partire dalle prime scoperte e invenzioni degli anni '70 e '80. È indispensabile citare lo *Scanning tunneling microscope*, il Microscopio a effetto tunnel, l'invenzione che, secondo molti, segna l'effettivo inizio delle NST dal punto di vista pratico-applicativo, inventato nel 1981 dal tedesco Gerd Binnig e dallo svizzero Heinrich Rohrer. La scoperta varrà loro il Premio Nobel per la Fisica nel 1986. Lo stesso Binnig, con Calvin Quate e Christoph Gerber, inventerà l'AFM, il Microscopio a Forza Atomica. Tra le scoperte dei nano-oggetti sono fondamentali i nanotubi (da parte del fisico giapponese Sumio Iijima nel 1991) e i fullereni (nel 1985 da parte di Harold Kroto, James R. Heath, Sean O'Brien, Robert Curl e Richard Smalley; a Kroto, Curl e Smalley venne assegnato, per questa scoperta, il Premio Nobel per la Chimica nel 1996).

Numerosissimi lavori scientifici, altrettanto numerosi brevetti ed un numero crescente di prodotti industriali che le utilizzano testimoniano l'importanza delle nanotecnologie e delle nanoscienze per lo sviluppo e l'innovazione. Proprio il desiderio di valorizzare i risultati scientifici e applicativi delle NST è stato alla base del progetto di ricerca "Le Nanotecnologie in Piemonte: studio per la creazione di un osservatorio operativo regionale" nell'ambito del quale sono state condotte le ricerche che hanno portato alla realizzazione del presente rapporto di ricerca. Nelle pagine successive, dopo un breve inquadramento teorico, verranno descritte le caratteristiche del *cluster* NST Piemontese. In questo studio verrà presentata la prima parte dei risultati di un lavoro di ricerca teorico su pubblicazioni e brevetti. In uno studio successivo verrà delineato il panorama della ricerca pubblica e, in parte, privata e verrà descritto un campione significativo di imprese che utilizzano le NST nel loro processo produttivo, per poter giungere ad alcune considerazioni conclusive.

2 INQUADRAMENTO TEORICO

Per introdurre le principali tematiche di ricerca legate al presente rapporto di ricerca viene qui proposta una breve recensione di letteratura relativa a queste tematiche. Una prima sottosezione riguarda gli studi relativi alle NST sotto un punto di vista generale e più nello specifico nell'ambito delle scienze sociali ed economiche. Quindi verrà affrontato un tema importante per la trattazione che seguirà: quello della teoria dei sistemi di innovazione, con particolare atten-

zione al caso italiano. Infine verranno presentati i lavori che discutono l'argomento delle NST per quanto riguarda il contesto regionale piemontese, molti dei quali sono stati realizzati nell'ambito del presente progetto di ricerca.

2.1 Le NST in generale e nelle scienze sociali

Le NST, come già sopra descritto, sono un'area scientifica-tecnologica-innovativa interdisciplinare che si è evoluta rapidamente a partire dagli ultimi anni del XX secolo (Roco, 2001). Esse si sono sviluppate a partire da numerosi campi scientifici più tradizionali quali la fisica e la chimica dei materiali, la biologia e la biotecnologia, e l'ingegneria dei materiali (Balzani, 2005). Si sono diffuse a livello mondiale assumendo un ruolo pervasivo in numerose industrie ed aree geografiche (Balzani et al., 2007; Wonglimpiyarat, 2005). Data però la intrinseca natura pervasiva delle NST è molto difficile, se non impossibile, misurare il loro impatto globale in termini di fatturato, numero di imprese, addetti, mentre risulta più facile descrivere casi specifici per mostrarne caratteristiche specifiche.

Ovviamente fin dall'insorgere delle NST le scienze sociali, in particolare quelle economiche, se ne sono occupate, anche a causa dell'importanza che hanno fin da subito avuto. Già al termine degli anni 2000 Shapira et al. (2010) erano in grado di studiare lo sviluppo degli studi sulle NST nell'ambito delle scienze sociali, mostrando come all'inizio gli studi si concentrassero sull'analisi della letteratura scientifica NST. In maniera simile Terekhov (2017) ha studiato il caso russo mostrandone le differenze rispetto ad altre aree geografiche (USA e UE). Altro studio rilevante in questo ambito è quello di Huang et al. (2011) che hanno raccolto oltre 120 studi di scienze sociali sulle NST, principalmente basati sullo studio di pubblicazioni e brevetti. Altri lavori simili sono quelli di Mogoutov & Kahane (2007), Arora et al. (2013), Porter et al. (2008). Più recentemente Stopar et al. (2016) hanno studiato l'interdisciplinarietà delle NST con una complessa analisi basata sulle citazioni, che è stata in grado di identificare quattro gruppi di letteratura: tra questi quello principale, nell'area dei materiali/fisica/chimica è anche quello meno interdisciplinare.

È poi importante ricordare il contributo di Bozeman et al. (2007) che hanno sostenuto il potenziale rivoluzionario delle NST. Miyazaki & Islam (2007) dal canto loro sono stati tra i primi a categorizzare i contributi delle diverse aree geografiche mondiali in termini quantitativi e di specifici argomenti. Un lavoro simile è stato svolto in tempi più recenti da Porter et al. (2018) che attraverso un metodo bibliometrico sono stati in grado di mostrare anche l'emergere di nuovi argomenti NST. Il clustering nelle NST è stato studiato da Robinson et al. (2007) che si sono focalizzati sui casi specifici di Twente e Grenoble. Il Minatec di Grenoble è stato studiato anche da Finardi (2013) e da Scaringella & Chanaron (2016). Infine Islam & Ozcan (2017) mostrano la crescita delle regioni Asiatiche in questo settore.

Passando invece allo studio della brevettazione nelle NST troviamo tra i primi contributi in ordine temporale quelli di Huang et al. (2003) (analisi dei brevetti USPTO tra il 2000 e il 2003, con la maggior parte dei brevetti assegnati a inventori US) e di Marinova & McAleer (2002) (anch'essi su brevetti USPTO dove gli indicatori mostrano una performance avanzata della Francia, seguita da Giappone e Canada). Finardi (2011) ha contribuito al dibattito sui brevetti NST studiando le citazioni dei lavori scientifici sui brevetti stessi. I risultati mostrano che rispetto ad aree scientifiche più tradizionali il numero di citazioni è molto maggiore e la distanza temporale tra articolo citato e brevetto citante è minore. Più recentemente Milanez et al., (2014) mostrano che la brevettazione NST dal 2010 è maggiormente orientata verso la chimica dei materiali e l'elettronica, mentre Zheng et al. (2014) mostrano, partendo dai brevetti USPTO, l'aumento di collaborazioni internazionali nei brevetti NST.

2.2 I sistemi di innovazione regionali: casi internazionali e italiani

Il concetto di sistema regionale di innovazione deve molto al lavoro di Cooke et al. (1997), che hanno esplorato per primi il concetto, e di Cooke (2001). Un contributo più recente sull'argomento, e relativo ad un caso di studio, è quello di Tödtling et al. (2012) che investigano gli effetti della distribuzione geografica nelle relazioni conoscenza-innovazione-industria utilizzando un caso di studio e mostrando l'importanza delle fonti di conoscenza regionali assieme a

quelle internazionali, mentre sono meno importanti quelle nazionali. In un altro caso di studio, questa volta basato sul sistema regionale scozzese, Brown (2016) sostiene l'inapplicabilità della "terza missione" delle Università in Scozia. Infine Todt et al. (2007) studiando le biotecnologie nella regione di Valencia mostrano il gap esistente tra le attività di ricerca e quelle applicative, e la presenza di relazioni predominanti al di fuori della Regione.

Venendo al caso italiano, un recente contributo è quello di Addie et al. (2018) che compara le aree di Napoli e quella di Newark (New Jersey, USA) per quanto riguarda lo sviluppo spaziale delle innovazioni di origine universitaria. I punti più rilevanti del caso napoletano sono le collaborazioni internazionali dell'Università Federico II e il ruolo dell'hub universitario San Giovanni. Un lavoro altrettanto recente è quello di Barra & Zotti (2018) che effettuano invece uno studio più generale sull'efficienza dei sistemi regionali di innovazione a livello italiano. I risultati sono a supporto degli investimenti in ricerca e sviluppo a livello tanto pubblico quanto privato.

2.3 Le NST in Italia e in Piemonte

I lavori che studiano le NST in Italia sono poco numerosi. Tra questi il meno recente è probabilmente quello di Escoffier (2007) che ha compiuto una rassegna delle attività NST esistenti ai tempi, mostrando tra le altre cose un maggior coinvolgimento degli enti pubblici rispetto a quelli privati, assieme a un numero di pubblicazioni sbilanciato a suo favore, ed una situazione opposta per quanto riguarda i brevetti. Anche Arnaldi (2008) ha studiato le NST assieme alle altre tecnologie NBIC (scienze nano-bio-informatiche e cognitive) mostrando una attitudine positiva da parte della stampa. La stessa attitudine è stata rilevata da Caputo et al. (2009) in un campione di intervistati. Ancora Arnaldi (2014; 2017) si è occupato di NST in tempi più recenti. Nel primo dei due lavori ha riportato le storie di alcuni scienziati, mentre nel secondo ha studiato leggi e regolamenti nazionali sulle NST.

Più in linea con i lavori riportati nella sezione precedente è l'articolo di Baglieri et al. (2012) che studiano i cluster NST, e nello specifico di quello siciliano di Catania e quello francese di Grenoble. Una visione più estesa è quella di Calignano & Quarta (2015) che basandosi sui dati dei Programmi Quadro Europei (FP6 e FP7) mostrano il consolidamento da parte delle NST del triangolo industriale insieme ad altre regioni – Emilia-Romagna, Veneto, Toscana.

Venendo al caso specifico del Piemonte esistono fino ad ora pochi studi in merito. Il primo in ordine temporale è quello di Finardi & Vitali (2009) che hanno descritto il sistema regionale delle ricerche NST assieme alle imprese, mostrando il fatto che il cluster presentava gli elementi tipici dei sistemi di innovazione. Più recentemente Finardi (2018a; 2018b; 2018c; 2019) ha proseguito l'analisi delle NST in ambito regionale, con attenzione rivolta tanto alla ricerca quanto al mondo dell'industria.

3 LA RICERCA PIEMONTESE: DATI BIBLIOMETRICI

Questa sezione descrive sinteticamente i risultati di una ricerca effettuata sulle pubblicazioni scientifiche NST prodotte negli enti di ricerca piemontesi. I risultati derivano da quelli, pubblicati per esteso, di Finardi (2018a) e di Finardi (2018c).

3.1 Metodologia

Questa sezione vuole descrivere la produzione scientifica NST degli enti di ricerca piemontesi. Si basa su dati ottenuti attraverso il database *online* di pubblicazioni scientifiche Scopus®¹, un prodotto della casa editrice Elsevier particolarmente adatto a questo scopo. I dati sono ottenuti impostando una serie di *queries* sulla maschera di ricerca "Advanced" del database. A questo scopo si è utilizzata la metodologia proposta da Arora *et al.* (2013) che prevede una serie di *queries* preimpostate su un certo numero di argomenti e di parole chiave relative alle NST. Le ricerche sono state effettuate con una apposita chiave di ricerca su Titolo, parole chiave e *abstract* delle pubblicazioni presenti nel database.

¹ <http://www.scopus.com/home.url> (link visitato a luglio 2019).

Una volta ottenuti i risultati si è passato a selezionare l'Italia come Paese di origine delle pubblicazioni e, quindi, le *affiliations* relative agli enti piemontesi o che hanno sedi in Piemonte (quale il CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche). Una volta ottenute le serie di pubblicazioni relative alle diverse *queries* queste sono state unificate, i duplicati sono stati eliminati ed è infine stata effettuato un controllo manuale della lista.

Il risultato è stato un database di 288 prodotti scientifici. È da notare che la metodologia utilizzata è estremamente restrittiva e se, da un lato, ha permesso di ottenere senza alcun dubbio unicamente pubblicazioni scientifiche NST, dall'altro ha probabilmente eliminato un certo numero di pubblicazioni che sarebbero potute rientrare a pieno titolo nel database. Tuttavia in questo caso questo metodo è stato preferito proprio per la sua selettività.

Il database è stato analizzato sotto svariati profili, descritti nella seguente sezione.

3.2 Risultati

La prima analisi dei dati effettuata è stata quella relativa alla evoluzione nel tempo della produzione scientifica NST. I dati mostrano un andamento in crescita a partire dal 1996 (primo anno analizzato), con un leggero cambio di pendenza attorno al 2006. Il numero più alto di pubblicazioni (35) è quello relativo all'anno 2015.

I settori di ricerca sono stati analizzati attraverso le *Subject category* di Scopus. Le categorie più rappresentate sono "Materials Science" (109 prodotti scientifici), "Chemistry" (100) e "Physics and astronomy" (85), "Engineering" (67 prodotti scientifici, ovvero poco più della metà della prima). Le attività di ricerca paiono quindi fortemente polarizzate verso i nanomateriali, a scapito di altri settori.

Un ulteriore approfondimento è quello che viene dall'analisi delle parole del titolo e delle *author keywords*. Le *keywords* più rappresentate sono "self-assembly" (18), "Block copolymers" (9), "Carbon nanotubes" (8), "Graphene" (6), "Nanoparticles" (6): tutte queste possono essere messe in relazione con i nanomateriali. Le parole del titolo più rappresentate sono "quantum" (22), "surface" (21), "films" (20), "nanoparticles" (20), "self-assembled" (20), self-assembly (20), "magnetic" (16), "molecular" (16), "synthesis" (15). Anche qui le tematiche di ricerca sono molto vicine a quelle presentate dalle *subject area* e dalle *keywords*.

Infine si è studiata la distribuzione delle pubblicazioni a partire dagli autori. I dipartimenti più attivi sono risultati essere quello di Nanoscienze e materiali dell'INRIM, il DET (Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni) e il DISAT (Dipartimento di Scienza Applicata e Tecnologia) del Politecnico di Torino, i Dipartimenti di Biotecnologie Molecolari e Scienze della Salute, di Chimica e di Scienza e Tecnologia del Farmaco dell'Università degli Studi di Torino e il DISIT (Dipartimento di Scienze e Innovazione Tecnologica) dell'Università del Piemonte Orientale "Amedeo Avogadro".

3.3 Commento conclusivo

I risultati sperimentali mostrano una certa proattività nell'ambito delle ricerche piemontesi NST. Le attività di ricerca sono distribuite sull'intero sistema della ricerca regionale, e sono in costante crescita negli ultimi decenni, pur se negli ultimi anni hanno visto una stabilizzazione. Per quanto riguarda le tematiche di ricerca è possibile vedere un certo sbilanciamento verso quelle legate ai nanomateriali. Tuttavia è anche possibile notare una certa varietà di argomenti all'interno di questo macrosettore.

4 I BREVETTI NANOTECH PIEMONTESE

Questa sezione descrive sinteticamente i risultati di una ricerca effettuata sui brevetti NST realizzati negli enti di ricerca e nelle imprese piemontesi. I risultati derivano da quelli pubblicati in Finardi (2018b).

4.1 Introduzione

I brevetti per invenzione sono di gran lunga lo strumento più rilevante posto a protezione di una tecnologia o, più in generale, di una conoscenza che sia utilizzabile per scopi pratici. L'analisi brevettuale è considerata da tempo uno degli strumenti più rilevanti per la comprensione della scoperta, pubblicazione, sfruttamento ed utilizzo produttivo delle tecnologie. L'analisi brevettuale può anche far luce su come e quanto le tecnologie si diffondono tra regioni e Paesi (Bacchiocchi & Montobbio, 2009; Breschi & Catalini, 2010; Schmoch, 1993).

Questa ricerca ha lo scopo di approfondire le caratteristiche dei brevetti del *cluster* NST della Regione Piemonte. È importante segnalare che questo argomento, ed in particolare le problematiche relative alla brevettazione in questo contesto regionale, sono state fino ad ora poco o nulla trattate nella ricerca socioeconomica. Data l'importanza del contesto regionale Piemontese in termini di industrializzazione e di sistema della ricerca, il caso sembra essere rilevante, tanto più che l'importanza dei brevetti è sostanziale per poter approfondire a sufficienza il *cluster* NST stesso. Le sezioni successive presentano la metodologia adottata, i risultati e alcune brevi commenti conclusivi.

4.2 Metodologia

I brevetti NST sono stati reperiti sul database pubblico dell'EPO – European Patent Office (Ufficio Brevetti Europeo), Espacenet². I dati sono stati raccolti a giugno 2018. I brevetti tenuti in considerazione sono quelli nella classe brevettuale CPC (Collaborative Patent Classification) B82 (Nanotechnologies). La classificazione brevettuale CPC è entrata in vigore il 1 gennaio 2013, ed è stata sviluppata congiuntamente dall'EPO e dall'USPTO – United States Patent and Trademark Office (l'Ufficio brevetti statunitense). È stata progettata per consentire una ricerca efficiente, ed è sottoposta a revisione da entrambi gli uffici: a causa di questo i brevetti possono venir riclassificati. La classificazione CPC è il principale sistema di classificazione dell'EPO.

I brevetti presi in esame sono quelli registrati in Italia: si tratta quindi o di brevetti italiani o di estensioni italiane di brevetti stranieri. La *query* di selezione dei brevetti B82 infatti è stata effettuata su Espacenet selezionando il solo database Italiano.

La *query* ha reso come risultato un totale di 368 brevetti B82 Italiani. Di conseguenza è stata effettuata una ulteriore selezione sulla lista allo scopo di identificare i brevetti relativi ad *applicant* Piemontesi. Sono quindi stati adottati i seguenti criteri: gli *applicant* dei brevetti scelti erano o imprese o altri tipi di enti situati in Piemonte, o la sede locale di un ente o impresa diffusa a livello nazionale. A questo scopo è stata effettuata una ricerca analitica approfondita utilizzando anche i nomi degli inventori (selezionando i brevetti relativi a quelli residenti in Piemonte) per controllare se il brevetto era stato registrato da una sede piemontese di un grande gruppo industriale o ente. Al termine del processo è stata ottenuta una lista di 43 brevetti NST relativi al Piemonte.

Su questa lista sono state condotte le analisi delle varie caratteristiche. La prima è stata ovviamente quella relativa all'anno di brevettazione. Quindi si sono contati i brevetti secondo le varie tipologie di *applicant* (imprese o enti pubblici) e le loro dimensioni (piccole, medie e grandi imprese).

Una ulteriore analisi è stata quella relativa alle classi brevettuali accessorie dei brevetti. È noto infatti come un brevetto possa essere classificato sotto più di una classe brevettuale a seconda del suo contenuto tecnologico. Ciascun brevetto quindi porta con sé, al di là della classe brevettuale che viene cercata (B82 nel nostro caso) anche una (o più) ulteriore classe brevettuale. Questa metodologia viene utilizzata dagli Uffici brevetti allo scopo di meglio specificare il contenuto tecnologico dei brevetti stessi. Inoltre i brevetti possono venir riclassificati dopo la loro pubblicazioni, aggiungendo nuove classi a quelle assegnate in precedenza. Questo è accaduto senza ombra di dubbio per la maggior parte dei brevetti qui analizzati, che sono stati pubblicati prima dell'introduzione della classe B82. La metodologia dello studio delle classi brevettuali accessorie è stata utilizzata anche a causa delle specifiche caratteristiche di interdisciplinarietà delle NST. L'analisi delle classi brevettuali secondarie, infatti, permette di meglio com-

² <https://it.espacenet.com/> (link visitato a luglio 2019).

prendere le specifiche sottoaree dei brevetti. Questa analisi è stata condotta più nello specifico anche per i tre *assignees* più rilevanti della lista.

Infinte è stato realizzato uno studio sulle parole presenti nei titoli dei brevetti. Dai titoli infatti è stata creata una lista di parole significative e descrittive. Questa analisi tuttavia è solo stata abbozzata a causa del numero relativamente basso di brevetti.

4.3 Risultati

L'evoluzione temporale dei brevetti è descritta nella tabella 1. Dato il numero relativamente basso di brevetti questi sono stati raggruppati per decenni. Il brevetto più vecchio risale al 1976. I risultati mostrano una lieve crescita col tempo dell'attività brevettuale NST. La decade più popolata è quella dal 2001 al 2010. Più in particolare la maggiore attività si è avuta nel lustro 2001-2005, con una media di 2.2 brevetti anno. Come è facile pensare la maggior parte dei brevetti presenti nel database sono stati riclassificati come B82 dopo l'introduzione della classe CPC.

Tabella 1 – Evoluzione nel tempo del numero di brevetti

ANNO	BREVETTI	BREVETTI/ANNO
Fino al 1980	4	
1981-1990	7	0.7
1991-2000	9	0.9
2001-2010	16	1.6
2011-2018	7	0.9
TOTALE	43	

Fonte: elaborazione su dati Espacenet.

Una seconda analisi è stata effettuata sugli *applicants* dei brevetti allo scopo di delineare le loro caratteristiche. Il risultato di questa analisi è stato di 38 brevetti assegnati a imprese o laboratori di ricerca privati, e 5 ad attori pubblici. La tabella 2 presenta la lista dei più importanti *assignees*, mentre la tabella 3 mostra l'evoluzione temporale dei loro brevetti.

L'*assignee* più attivo risulta essere Montedison SpA. Montedison è stato uno dei più grandi gruppi industriali italiani nell'ambito della chimica, e ha cessato le proprie attività come tale nel primo decennio del XXI secolo. Tutti i brevetti Montedison risalgono agli anni precedenti al 1990, e sono ovviamente stati riclassificati come B82 in seguito.

Il secondo *assignee* in termini numeri è FIAT. Uno di questi brevetti è assegnato a FIAT Auto, mentre gli altri sei al Centro ricerche FIAT.

Il terzo *assignee* della lista, CSELT, è un ulteriore centro di ricerca privato. CSELT non esiste più come tale. Venne fondato nel 1961 dalle compagnie telefoniche STIPEL e STET come centro di ricerche sulle telecomunicazioni. Secondo Bonaccorsi (2000) lo CSELT era ai tempi uno dei più rilevanti *assignees* di brevetti italiani: nonostante i brevetti fossero meno numerosi di quelli di altre imprese italiane, la qualità brevettuale, sempre secondo Bonaccorsi (2000) era decisamente alta, con un elevato numero di citazioni e un ciclo tecnologico molto rapido. CSELT ha infatti sempre avuto un portfolio brevettuale importante. I brevetti del database risalgono agli anni 1990. CSELT è in gran parte confluito nel 2001 nel nuovo centro ricerche TIlab di Telecom Italia.

L'unico ente pubblico della lista è il Politecnico di Torino. I suoi tre brevetti sono relativamente recenti: datano infatti a dopo il 2006, probabilmente grazie alle politiche di incentivo alla brevettazione e al trasferimento tecnologico.

Bracco SpA, presente con tre brevetti pubblicati tra il 1991 e il 2005, è un gruppo industriale farmaceutico, mentre l'Istituto Donegani (due brevetti prima del 2000) è un importante centro di ricerche chimiche appartenente al gruppo ENI (Ente Nazionale Idrocarburi). I rimanenti 12 bre-

vetti sono assegnati a 9 imprese, 2 enti di ricerca pubblici e una fondazione negli anni che vanno dal 1991 al 2010.

Tabella 2 – Lista dei più importanti *assignees*

ASSIGNEE	TIPO	NOTE
Montedison SpA	Gruppo industriale	Montedison non esiste più come tale dall'inizio degli anni 2010.
FIAT	Gruppo industriale	FIAT è oggi parte di FCA – Fiat Chrysler Automobiles
CSELT	Centro di ricerca privato	CSELT è stato ridotto in dimensioni all'inizio degli anni 2000 ed è poi confluito nel TILab di Telecom Italia
Politecnico di Torino	Università	
Bracco SpA	Grande impresa	
Istituto Donegani	Centro di ricerca privato	L'Istituto Donegani fa parte di ENI – Ente Nazionale Idrocarburi
Tecnocarbon ANT Srl	Media impresa	

Fonte: elaborazione su dati Espacenet.

Tabella 3 – Evoluzione temporale dei brevetti dei più importanti *assignees*

ASSIGNEE	BREVETTI	NOTE	Fino 1990	1991-2000	2001-2005	2006-2010	Dal 2011
Montedison SpA	10		10				
FIAT	7	1 come FIAT Auto, 6 come FIAT Ricerche		1	5		1
CSELT	4			4			
Politecnico di Torino	3	1 con l'Università di Torino				2	1
Bracco SpA	3			2	1		
Istituto Donegani	2		1	1			
Tecnocarbon ANT Srl	2						2
Altri	12	9 imprese, 2 enti di ricerca pubblici, 1 fondazione		1	5	3	3
TOTALE	43		11	9	11	5	7

Fonte: elaborazione su dati Espacenet.

Un ulteriore punto analizzato è quello relativo alle classi brevettuali accessorie. Come sopra citato un brevetto può essere classificato sotto diverse classi brevettuali in modo da meglio specificare il suo contenuto, facilitarne il ritrovamento e proteggere l'invenzione. Di conseguenza l'analisi delle classi brevettuali oltre rispetto alla B82 è in grado di fornire ulteriori informazioni sulla natura delle invenzioni protette. Questa analisi è stata effettuata sia a livello generale che per i tre *assignees* principali, considerando classi brevettuali con più di 10 presenze nel database. L'analisi è stata effettuata al secondo livello (classi a 4 cifre) omettendo le sottoclassi. I risultati sono presentati in tabella 4 (classi più popolate) e tabella 5 (dettaglio dei tre *assignees* principali).

Tabella 4 – Descrizione delle più rilevanti classi brevettuali accessorie presenti nel database.

CLASSE CPC	BREVETTI	DESCRIZIONE DAL CPC
C01P	81	INDEXING SCHEME RELATING TO STRUCTURAL AND PHYSICAL ASPECTS OF SOLID INORGANIC COMPOUNDS
B82Y	46	SPECIFIC USES OR APPLICATIONS OF NANOSTRUCTURES; MEASUREMENT OR ANALYSIS OF NANOSTRUCTURES; MANUFACTURE OR TREATMENT OF NANOSTRUCTURES
A61K	42	PREPARATIONS FOR MEDICAL, DENTAL, OR TOILET PURPOSES
G02F	19	DEVICES OR ARRANGEMENTS, THE OPTICAL OPERATION OF WHICH IS MODIFIED BY CHANGING THE OPTICAL PROPERTIES OF THE MEDIUM OF THE DEVICES OR ARRANGEMENTS FOR THE CONTROL OF THE INTENSITY, COLOUR, PHASE, POLARISATION OR DIRECTION OF LIGHT, e.g. SWITCHING, GATING, MODULATING OR DEMODULATING; TECHNIQUES OR PROCEDURES FOR THE OPERATION THEREOF; FREQUENCY-CHANGING; NON-LINEAR OPTICS; OPTICAL LOGIC ELEMENTS; OPTICAL ANALOGUE/DIGITAL CONVERTERS
C04B	14	LIME, MAGNESIA; SLAG; CEMENTS; COMPOSITIONS THEREOF, e.g. MORTARS, CONCRETE OR LIKE BUILDING MATERIALS; ARTIFICIAL STONE {(roofing granules E04D 7/005)}; CERAMICS (devitrified glass-ceramics C03C 10/00); REFRACTORIES; TREATMENT OF NATURAL STONE
C08J	13	WORKING-UP; GENERAL PROCESSES OF COMPOUNDING; AFTER-TREATMENT NOT COVERED BY SUBCLASSES

Fonte: elaborazione su dati Espacenet.

Tabella 5 – Classi brevettuali accessorie dei tre più importanti *assignee*

Classe CPC	BREVETTI	Montedison	FIAT	CSELT
<i>C01P</i>	<i>81</i>	<i>64</i>		
B82Y	46	10	8	
A61K	42			
G02F	19		11	8
C04B	14			
C08J	13		3	

Fonte: elaborazione su dati Espacenet.

È importante notare innanzitutto come tutti i brevetti B82 siano B82Y (“SPECIFIC USES OR APPLICATIONS OF NANOSTRUCTURES; MEASUREMENT OR ANALYSIS OF NANOSTRUCTURES; MANUFACTURE OR TREATMENT OF NANOSTRUCTURES”) e non vi siano invece brevetti B82B (“NANOSTRUCTURES FORMED BY MANIPULATION OF INDIVIDUAL ATOMS, MOLECULES, OR LIMITED COLLECTIONS OF ATOMS OR MOLECULES AS DISCRETE UNITS; MANUFACTURE OR TREATMENT THEREOF”). Nessun brevetto di conseguenza comporta la “manipulation of individual atoms or molecules”. Le 46 presenti nella lista significano ovviamente che in tre casi erano presenti due sottoclassi della B82Y.

Nondimeno la classe brevettuale più popolata è la C01P, con 81 presenze. Di queste 64 sono relative ai 10 brevetti Montedison. Questo fatto è spiegabile facilmente con il fatto che Montedison era una multinazionale della chimica. Gli altri casi, distribuiti tra gli altri brevetti, mostrano comunque un certo interesse verso la chimica nanotech.

La terza classe brevettuale accessoria della lista, A61K, non è presente nella lista dei tre principali *assignees*: dei 7 brevetti in cui è presente 6 sono assegnati a imprese biomedicali ed uno al Politecnico of Torino. Esiste quindi un interesse diffuso verso le applicazioni biomedicali delle NST.

La quarta classe, la G02F, è presente in meno della metà dei casi della precedente, tutti relativi a brevetti di FIAT Ricerche e CSELT: a questi due enti di conseguenza va imputato l'interesse verso le applicazioni ottiche ed optoelettroniche delle NST.

La quinta classe brevettuale, C04B, è relativa a materiali inorganici sfruttati principalmente nell'industria delle costruzioni (quali cemento, pietre artificiali, ceramiche, materiali refrattari, trattamenti della pietra naturale...): questo fatto potrebbe lasciar pensare ad un interesse nei confronti di queste applicazioni NST. Uno sguardo più ravvicinato ai dati, tuttavia, mostra che i 14 casi in cui la classe è presente sono tutti relativi a numerose sottoclassi di un singolo brevetto, relativo ad un metodo per la preparazione di materiali ceramici nanostrutturati, assegnato all'INSTM – Consorzio Interuniversitario per la Scienza e la Tecnologia dei Materiali, i cui inventori sono un gruppo di ricercatori torinesi appartenenti allo stesso consorzio.

La sesta ed ultima classe della lista, C08J, è presente tre volte in un brevetto FIAT, ed in altri quattro brevetti del database.

L'ultima analisi effettuata, quella relativa alle parole del titolo dei brevetti, è stata solo abbozzata a causa del numero relativamente basso di dati, che non ha permesso raggruppamenti di parole sufficientemente significativi. La parola più presente nei titoli è "MATERIALI" presente 7 volte. Al secondo posto si trovano "PARTICELLE" e "SFERICHE" con 5 presenze ciascuna, e quattro parole presenti tre volte ciascuna nei titoli dei brevetti: "ALLUMINA", "CARBONIO", "LASER", "MAGNETITE". Questa lista di parole lascia pensare che i materiali nanostrutturati siano probabilmente l'argomento più presente in questo gruppo di brevetti.

4.4 Commenti conclusivi

L'analisi dei brevetti nanotech piemontesi mostra innanzi tutto una scansione temporale che parte da prima degli anni '90 del XX secolo. Questo comporta che gran parte dei brevetti B82 sono stati riclassificati come tali in seguito. Tuttavia le attività brevettuali sono continuate in maniera abbastanza stabile fino agli anni 2010, con un picco di produttività negli anni 2001-2005. Tuttavia la diminuzione in anni più recenti potrebbe avere come concausa i tempi tecnici necessari per ottenere un brevetto per invenzione.

La maggior parte dei brevetti sono assegnati a grandi gruppi industriali o ai loro centri di ricerca, mentre i brevetti assegnati a enti pubblici o fondazioni è di poco sotto il 15 per cento. Come è ovvio esiste un interesse maggiore verso la brevettazione nanotech da parte del privato; è inoltre importante notare che molti brevetti (in particolare quelli più datati) sono assegnati ad imprese oggi non più esistenti, mostrando un certo declino della ricerca privata a livello regionale. I brevetti più recenti sono invece relativi anche ad enti pubblici e a piccole imprese.

L'interdisciplinarietà delle NST, e delle loro applicazioni nel contesto regionale, è ben evidenziata dallo studio delle categorie brevettuali accessorie dei brevetti presenti nel database. I risultati infatti mostrano la presenza di un insieme estremamente differenziato di classi accessorie assieme alla classe B82. Se si considera questo fatto insieme alla evoluzione temporale delle classi brevettuali accessorie (mostrato in tabella 6) si ha una migliore visione di questi fatti. La stragrande maggioranza delle presenze della classe C01P si verifica negli anni precedenti al 1990, ovverosia al culmine delle attività brevettuali di Montedison. In anni più recenti si ha una evoluzione delle altre classi brevettuali. In particolare le classi C04B e C08J sono presenti solo dopo il 2001, mentre (come sopra riportato) le C04B appartengono ad un unico brevetto accademico. Da questo punto di vista è necessario notare quanto viene riportato da Finardi (2018c) e Finardi (2018a): le più importanti aree di ricerca NST in Piemonte sono quelle legate alle scienze dei materiali nanostrutturati. Questa ipotesi è sostenuta anche dalla analisi delle parole dei titoli sopra riportata.

Tabella 6 – Evoluzione temporale delle classi brevettuali accessorie

	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2018	TOTAL
C01P	71	5		5	81
B82Y	7	9	19	7	42
A61K		11	11	21	43
G02F		8		11	19
C04B			14		14
C08J			8	5	13
TOTAL	78	33	52	49	

Fonte: elaborazione su dati Espacenet.

Un altro punto rilevante è quello relativo alle classi A61K e G02F. La prima delle due è presente nel database in tre decenni, mostrando un certo interesse dell'industria biofarmaceutica nei confronti delle NST. La seconda è anch'essa presente in un ampio raggio di tempo; in questo caso gli *assignees* sono lo CSELT e il Centro Ricerche Fiat che, come sopra segnalato, sono evidentemente stati attivi nelle applicazioni ottiche ed optoelettroniche delle NST.

Come è evidente questa analisi soffre di qualche limitazione, a partire dal fatto che non sono state considerate le estensioni internazionali dei brevetti, e nemmeno eventuali brevetti internazionali di *assignees* piemontesi. Purtroppo il fatto che tutti gli *assignees* della lista siano piemontesi lascia pensare che questo non sia un limite rilevante.

5 BIBLIOGRAFIA

- Addie, J.-P. D., Angrisani, M., & De Falco, S. (2018). University-led innovation in and for peripheral urban areas: new approaches in Naples, Italy and Newark, NJ, US. *European Planning Studies*, 26(6), 1181–1201. <https://doi.org/10.1080/09654313.2018.1459505>
- Arnaldi, S. (2008). Converging technologies in the Italian daily press 2002–2006: preliminary results of an ongoing research project. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 21(1), 87–94. <https://doi.org/10.1080/13511610802002304>
- Arnaldi, S. (2014). Exploring imaginative geographies of nanotechnologies in news media images of Italian nanoscientists. *Technology in Society*, 37, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2013.10.005>
- Arnaldi, S. (2017). Changing Me Softly: Making Sense of Soft Regulation and Compliance in the Italian Nanotechnology Sector. *NanoEthics*, 11(1), 3–16. <https://doi.org/10.1007/s11569-017-0286-5>
- Arora, S. K., Porter, A. L., Youtie, J., & Shapira, P. (2013). Capturing new developments in an emerging technology: an updated search strategy for identifying nanotechnology research outputs. *Scientometrics*, 95(1), 351–370. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0903-6>
- Bacchiocchi, E., & Montobbio, F. (2009). Knowledge diffusion from university and public research. A comparison between US, Japan and Europe using patent citations. *The Journal of Technology Transfer*, 34(2), 169–181. <https://doi.org/10.1007/s10961-007-9070-y>
- Baglieri, D., Cinici, M. C., & Mangematin, V. (2012). Rejuvenating clusters with 'sleeping anchors': The case of nanoclusters. *Technovation*, 32(3), 245–256. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2011.09.003>
- Balzani, V. (2005). Nanoscience and Nanotechnology: A Personal View of a Chemist. *Small*, 1(3), 278–283. <https://doi.org/10.1002/sml.200400010>
- Balzani, V., Credi, A., & Venturi, M. (2007). Molecular devices and machines. *Nano Today*, 2(2), 18–25. [https://doi.org/10.1016/S1748-0132\(07\)70055-5](https://doi.org/10.1016/S1748-0132(07)70055-5)
- Barra, C., & Zotti, R. (2018). The contribution of university, private and public sector resources to Italian regional innovation system (in)efficiency. *The Journal of Technology Transfer*, 43(2), 432–457. <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9539-7>
- Bonaccorsi, A. (2000). *La scienza come impresa. Contributi all'analisi economica della scienza e dei sistemi nazionali di ricerca*. Franco Angeli.

- Bozeman, B., Laredo, P., & Mangematin, V. (2007). Understanding the emergence and deployment of “nano” S&T. *Research Policy*, 36(6), 807–812. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.02.010>
- Breschi, S., & Catalini, C. (2010). Tracing the links between science and technology: An exploratory analysis of scientists’ and inventors’ networks. *Research Policy*, 39(1), 14–26. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.11.004>
- Brown, R. (2016). Mission impossible? Entrepreneurial universities and peripheral regional innovation systems. *Industry and Innovation*, 23(2), 189–205. <https://doi.org/10.1080/13662716.2016.1145575>
- Calignano, G., & Quarta, C. A. (2015). The persistence of regional disparities in Italy through the lens of the European Union nanotechnology network. *Regional Studies, Regional Science*, 2(1), 470–479. <https://doi.org/10.1080/21681376.2015.1075898>
- Caputo, G., Cortese, G. C., Emanuel, F., Finardi, U., Ghislieri, C., & Coluccia, S. (2009). *Nanotecnologie: cosa sono e come ce le immaginiamo - Nanotechnologies: what they are and how we do imagine them*. Araba Fenice.
- Cooke, P. (2001). Regional Innovation Systems, Clusters, and the Knowledge Economy. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 945–974. <https://doi.org/10.1093/icc/10.4.945>
- Cooke, Philip, Gomez Uranga, M., & Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Research Policy*, 26(4–5), 475–491. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00025-5](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00025-5)
- Escoffier, L. (2007). A Brief Review of Nanotechnology Related Activities in Italy. *Nanotechnology Law & Business*, 4, 385.
- Finardi, U. (2019). Research topics in Nanotechnologies and Nanosciences: an analysis of Piedmont research system. *Working Paper IRCrES*, 2019(5), 1-36.
- Finardi, U., & Vitali, G. (2009). Il cluster delle nanotecnologie in Piemonte [Nanotech cluster in Piedmont]. *Working Paper CERIS*, 2009(10), 1–28.
- Finardi, Ugo. (2011). Time relations between scientific production and patenting of knowledge: the case of nanotechnologies. *Scientometrics*, 89(1), 37. <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0443-5>
- Finardi, Ugo. (2012). Nanosciences and Nanotechnologies: Evolution Trajectories and Disruptive Features [Chapter]. Recuperato 4 dicembre 2018, da <http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-4666-0134-5.ch007> website: <https://www.igi-global.com/gateway/chapter/63827>
- Finardi, Ugo. (2013). Clustering Research, Education, and Entrepreneurship: Nanotech Innovation at MINATEC in Grenoble. *Research-Technology Management*, 56(1), 16–20. <https://doi.org/10.5437/08956308X5601040>
- Finardi, Ugo. (2018a). La ricerca nelle nanotecnologie in Piemonte: casi di enti pubblici e privati. *Quaderni IRCRES*, 3(5), 3–12. <https://doi.org/10.23760/2499-6661.2018.018>
- Finardi, Ugo. (2018b). Nanotechnology patenting in Piedmont: analysis and links with research and industrial environment in the Region. *Working Paper IRCrES*, 4(8/2018), 1–15. <https://doi.org/10.23760/2421-7158.2018.008>
- Finardi, Ugo. (2018c). Public research in Nanotechnology in Piedmont (Italy). *Working Paper IRCrES*, 4(5/2018), 1–14. <https://doi.org/10.23760/2421-7158.2018.005>
- Huang, C., Notten, A., & Rasters, N. (2011). Nanoscience and technology publications and patents: a review of social science studies and search strategies. *The Journal of Technology Transfer*, 36(2), 145–172. <https://doi.org/10.1007/s10961-009-9149-8>
- Huang, Z., Chen, H., Yip, A., Ng, G., Guo, F., Chen, Z.-K., & Roco, M. C. (2003). Longitudinal Patent Analysis for Nanoscale Science and Engineering: Country, Institution and Technology Field. *Journal of Nanoparticle Research*, 5(3), 333–363. <https://doi.org/10.1023/A:1025556800994>
- Islam, N., & Ozcan, S. (2017). The management of nanotechnology: analysis of technology linkages and the regional nanotechnology competencies: Management of nanotechnology. *R&D Management*, 47(1), 111–126. <https://doi.org/10.1111/radm.12161>
- Marinova, D., & McAleer, M. (2002). Nanotechnology strength indicators: international rankings based on US patents. *Nanotechnology*, 14(1), R1–R7. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/14/1/201>
- Milanez, D. H., de Faria, L. I. L., do Amaral, R. M., Leiva, D. R., & Gregolin, J. A. R. (2014). Patents in nanotechnology: an analysis using macro-indicators and forecasting curves. *Scientometrics*, 101(2), 1097–1112. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1244-4>

- Miyazaki, K., & Islam, N. (2007). Nanotechnology systems of innovation—An analysis of industry and academia research activities. *Technovation*, 27(11), 661–675. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.05.009>
- Mogoutov, A., & Kahane, B. (2007). Data search strategy for science and technology emergence: A scalable and evolutionary query for nanotechnology tracking. *Research Policy*, 36(6), 893–903. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.02.005>
- Porter, A. L., Garner, J., Newman, N. C., Carley, S. F., Youtie, J., Kwon, S., & Li, Y. (2018). National nanotechnology research prominence. *Technology Analysis & Strategic Management*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/09537325.2018.1480013>
- Porter, A. L., Youtie, J., Shapira, P., & Schoeneck, D. J. (2008). Refining search terms for nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 10(5), 715–728. <https://doi.org/10.1007/s11051-007-9266-y>
- Robinson, D. K. R., Rip, A., & Mangematin, V. (2007). Technological agglomeration and the emergence of clusters and networks in nanotechnology. *Research Policy*, 36(6), 871–879. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.02.003>
- Roco, M. C. (2001). From Vision to the Implementation of the U.S. National Nanotechnology Initiative. *Journal of Nanoparticle Research*, 3(1), 5–11. <https://doi.org/10.1023/A:1011429917892>
- Scaringella, L., & Chanaron, J.-J. (2016). Grenoble–GIANT Territorial Innovation Models: Are investments in research infrastructures worthwhile? *Technological Forecasting and Social Change*, 112, 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.05.026>
- Schmoch, U. (1993). Tracing the knowledge transfer from science to technology as reflected in patent indicators. *Scientometrics*, 26(1), 193–211. <https://doi.org/10.1007/BF02016800>
- Shapira, P., Youtie, J., & Porter, A. L. (2010). The emergence of social science research on nanotechnology. *Scientometrics*, 85(2), 595–611. <https://doi.org/10.1007/s11192-010-0204-x>
- Stopar, K., Drobne, D., Eler, K., & Bartol, T. (2016). Citation analysis and mapping of nanoscience and nanotechnology: identifying the scope and interdisciplinarity of research. *Scientometrics*, 106(2), 563–581. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1797-x>
- Terekhov, A. I. (2017). Bibliometric spectroscopy of Russia's nanotechnology: 2000–2014. *Scientometrics*, 110(3), 1217–1242. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2234-5>
- Todt, O., Gutiérrez-Gracia, A., Lucio, I. F. de, & Castro-Martínez, E. (2007). The regional dimension of innovation and the globalization of science: the case of biotechnology in a peripheral region of the European Union. *R&D Management*, 37(1), 65–74. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2007.00452.x>
- Tödtling, F., Grillitsch, M., & Höglinger, C. (2012). Knowledge Sourcing and Innovation in Austrian ICT Companies—How Does Geography Matter? *Industry and Innovation*, 19(4), 327–348. <https://doi.org/10.1080/13662716.2012.694678>
- Wonglimpiyarat, J. (2005). The nano-revolution of Schumpeter's Kondratieff cycle. *Technovation*, 25(11), 1349–1354. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.07.002>
- Zheng, J., Zhao, Z., Zhang, X., Chen, D., & Huang, M. (2014). International collaboration development in nanotechnology: a perspective of patent network analysis. *Scientometrics*, 98(1), 683–702. <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1081-x>

IL SISTEMA PIEMONTESE DELLE NANOTECNOLOGIE

Piedmonts' Nanotechnologies System

UGO FINARDI^a

^aCNR-IRCRES, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile, Moncalieri (TO) – Italia

corresponding author: ugo.finardi@ircres.cnr.it

ABSTRACT

This work presents a descriptive analysis of the Regional System of Nanotechnologies and Nanosciences of Piedmont, an Italian Region located in the north-west of the Country. In a previous work we presented a bibliometric analysis of the scientific publications and analyzed regional nanotechnology patents. This paper instead presents: the full description of the nanoscience research topics undertaken by the researchers of the public research bodies; some Regional initiatives supporting research, innovation and technology transfer, both specific to nanosciences and nanotechnologies and generally addressed to regional development; a sample of firms (mainly micro and SMEs) and their potential of collaboration with research. At the end the work also resumes results and offers suggestions for future regional development.

KEYWORDS: Nanotechnologies, nanosciences, Italy, Piedmont, technology transfer, regional system of innovation.

JEL codes: O32, Q55, R11, R12

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Finardi, U. (2019). Il sistema piemontese delle nanotecnologie. *Quaderni IRCrES*, 4(1), 17-44. <http://dx.doi.org/10.23760/2499-6661.2019.002>

-
- 1 Introduzione
 - 2 La ricerca piemontese: *survey* sugli enti di ricerca
 - 2.1 Università degli Studi di Torino
 - 2.2 Politecnico di Torino
 - 2.3 Università del Piemonte Orientale "Amedeo Avogadro"
 - 2.4 INRIM – Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica
 - 2.5 CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche
 - 2.6 Commenti conclusivi
 - 3 Le imprese piemontesi attive nelle nanotecnologie
 - 3.1 Metodologia di reperimento delle informazioni
 - 3.2 Analisi
 - 4 Commenti conclusivi: il sistema piemontese delle nanotecnologie
 - 5 Bibliografia
-

Il presente articolo è stato realizzato nell'ambito del progetto di ricerca "Le Nanotecnologie in Piemonte: studio per la creazione di un osservatorio operativo regionale" finanziato e sostenuto dalla Fondazione CRT. L'autore è grato alla Fondazione CRT per il sostegno che ha reso possibile il progetto. Si ringrazia MESAP (Piattaforma Tecnologica Regionale) che ha sostenuto il progetto e, in particolare, l'ing. P. Dondo per l'aiuto, l'incoraggiamento e la collaborazione. Si ringraziano i ricercatori e i docenti intervistati nell'ambito del presente progetto: per l'Università di Torino i proff. G. Ricchiardi, G. Cravotto, F. Turci, M. Truccato, I. Fenoglio; per il Politecnico di Torino i proff. F. Pirri, B. Bonelli, R. Sethi, B. Onida, C. Gerbaldi, R. Gonnelli, S. M. Spriano, A. Fina, F. Rossi, D. Fissore, F. Badini, A. Ferri, G. Malucelli, S. Bodoardo, P. Palmero, R. Pisano, C. Vitale Brovarone, G. Ciardelli, M. Gioannini, F. Corinto, M. Zamboni; per l'Università del Piemonte Orientale i proff. E. Gianotti e M. Laus; per l'INRIM il dr. L. Boarino; per il CNR-IMEM il dr. M. Cocuzza; per il CNR-IMAMOTER i dr. M. G. Faga e G. Gauthier di Confiengo; per il CNR-STIIMA i dr. C. Tonin e A. Varesano; per il CRF l'ing. N. Li Pira. Si ringraziano inoltre i rappresentanti delle imprese intervistati nel corso della ricerca, che non vengono citati per motivi di riservatezza. L'autore è infine grato al Direttore del CNR-IRCRES, dr. S. Rolfo per il continuo sostegno e per la collaborazione scientifica, alla dr. A. Emina per la collaborazione e ai colleghi per l'incoraggiamento e la collaborazione.

1 INTRODUZIONE

Questo lavoro, che fa seguito ad un altro pubblicato su questo stesso numero, si pone l'obiettivo di descrivere in maniera completa il sistema Piemontese delle Nanoscienze e Nanotecnologie (NST d'ora in poi). La sezione 2 infatti descrive in maniera esaustiva – anche se per forza di cose sintetica – le attività di ricerca nelle condotte negli Atenei e negli Enti di ricerca situati nella Regione Piemonte. Al termine di questa sezione vengono tratte delle considerazioni conclusive d'insieme, non prima di aver descritto alcune iniziative pubbliche di supporto al trasferimento tecnologico, alla ricerca e all'innovazione scientifica. La sezione 3 invece riporta i risultati di una *survey* relativa ad un campione di imprese variamente attive in ambito NST.

Le conclusioni mirano infine ad una analisi di insieme della situazione delle NST in Piemonte considerate nell'alveo della attuale situazione industriale ed economica.

Un inquadramento teorico ed una introduzione generale sono presenti nel lavoro pubblicato insieme al presente.

2 LA RICERCA PIEMONTESE: *SURVEY* SUGLI ENTI DI RICERCA

Questa *survey* sulle attività di ricerca NST negli enti piemontesi prende le origini innanzi tutto dal lavoro di ricerca bibliometrica e brevettuale descritto nel precedente lavoro. Oltre a questi dati sono stati seguiti altri canali per reperire le informazioni di base per questa *survey*. Innanzi tutto i siti internet degli enti di ricerca sono stati scansionati attentamente in modo da reperire tutti i laboratori e gruppi di ricerca attivi nelle NST. Inoltre si sono sfruttati i contatti personali, e durante le interviste è stato in alcuni casi chiesto ai ricercatori consiglio relativamente alle attività dei colleghi e ad una loro possibile inclusione nella *survey* stessa.

La *survey* infatti è basata essenzialmente su una serie di interviste con ricercatori e docenti degli Atenei e degli enti di ricerca. Queste interviste, che descrivono le attività di ricerca, costituiscono la parte principale di questa sezione. Assieme a questi dati sono riportati brevi paragrafi relativi ad una ricerca bibliometrica simile a quella presentata nel precedente lavoro, realizzata con una metodologia simile. Infatti il *set* di parole chiave è rimasto quasi lo stesso. Dalle singole *query*, però, è stato eliminato il termine di ricerca AND NOT (nano*). Inoltre la ricerca è stata effettuata partendo prima dai singoli enti di ricerca e non, come nella precedente, selezionando prima i lavori scientifici attraverso le *query* e poi selezionando gli enti di ricerca. Questa metodologia è stata utilizzata fondamentalmente perché ha consentito di ottenere risultati più ampi, comprendendo nella ricerca un maggior numero di pubblicazioni scientifiche. D'altro canto però ha ovviamente catturato anche molti lavori spuri in cui il termine "nano" non era legato alle nanotecnologie. Tuttavia trattandosi di un lavoro su un numero di dati relativamente ristretto (dato che si lavorava sui singoli enti di ricerca) i risultati non sono eccessivamente contaminati.

Le sottosezioni qui di seguito descrivono le attività dei vari enti piemontesi. I risultati sono la sintesi di quelli pubblicati in Finardi (2019).

2.1 Università degli Studi di Torino

L'Università degli Studi di Torino (UniTO d'ora in poi) è la più antica e la più grande delle tre Università piemontesi. Le sue attività di trasferimento tecnologico sono state descritte da Rolfo e Finardi (2014). UniTO è un'università generalista, e le sue attività di ricerca e insegnamento superiore si svolgono in tutti i settori dell'Università italiana eccetto quelli dell'Ingegneria e dell'Architettura che, in Piemonte, sono monopolio del Politecnico di Torino. UniTO contava nel 2018 oltre 72 mila studenti e più di 1.900 docenti.

2.1.1 Analisi qualitativa: interviste. Il Centro di Eccellenza NIS – Nanostructured Interfaces and Surfaces

Le attività di ricerca in ambito NST ad UniTO sono storicamente concentrate nell'ambito del Centro Interdipartimentale di Eccellenza NIS – Nanostructured Interfaces and Surfaces¹. Il NIS è stato fondato nel 2004 dopo che l'Università aveva ricevuto un finanziamento nell'ambito di un bando del Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca per la costituzione di Centri di Eccellenza in Italia. Le sue attività si sono svolte fin da allora collegando e raccogliendo sotto un'unica affiliazione le ricerche in ambito NST che si svolgevano in numerosi dipartimenti dell'Università. Nello specifico i Dipartimenti attualmente afferenti al centro interdipartimentale sono i seguenti: il Dipartimento di Chimica, il Dipartimento di Fisica, il Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, il Dipartimento di Scienza e Tecnologia del Farmaco, il Dipartimento di Scienze della Terra; i Dipartimenti di Chimica e Fisica sono ciascuno l'unione dei tre più tre Dipartimenti esistenti in precedenza. Svariate decine di professori e ricercatori, e numerosissimi Dottorandi, Assegnisti e borsisti afferiscono al Centro di Eccellenza.

Il ruolo del Centro di Eccellenza è cambiato nell'ambito dell'Ateneo negli ultimi anni, e particolarmente a seguito della riorganizzazione seguita alla riforma dell'Università attuata dalla legge 240/2010. Innanzi tutto il Centro non riceve più come in passato finanziamenti autonomi, e di conseguenza le attività del Centro sono principalmente culturali. Inoltre numerosi degli obiettivi e dei compiti che il Centro si era dato all'inizio della propria attività, e che costituivano una innovazione sostanziale del modo di fare ricerca, sono oggi compiti assodati dei Dipartimenti, che sono assai più proattivi del passato. Di conseguenza iniziative quali la collaborazione scientifica interdisciplinare, la condivisione dei laboratori e delle strutture sono divenuti la normalità o sono addirittura sanciti dai regolamenti di Ateneo. Ad esempio i finanziamenti assegnati per l'acquisizione di strumentazione di ricerca comportano l'obbligo che gli strumenti vengano messi a disposizione di tutti i ricercatori dell'Ateneo, e di contraenti esterni quali le imprese.

Nonostante questi cambiamenti il Centro di Eccellenza NIS continua comunque ad avere un ruolo importante il collettore per le attività di ricerca NST nei Dipartimenti dell'Università: i professori e ricercatori coinvolti in queste linee di ricerca sono affiliati al NIS, che continua ad organizzare conferenze e seminari sotto la propria egida, e le pubblicazioni scientifiche NST continuano ad essere pubblicate con l'affiliazione NIS – Centre of Excellence.

UniTO è una Università generalista, impegnata in attività di ricerca in tutti i campi scientifici (esclusi quelli dell'Ingegneria e dell'Architettura). Questo fatto si riflette nei temi di ricerca NST principali che vengono sviluppati nei propri laboratori. Questi vengono quindi presentati nel dettaglio nella lista seguente.

- *Catalisi e materiali porosi.* Questo tema di ricerca comprende attività legate allo studio delle Zeoliti, dei MOFs (metallo-organic frameworks), così come quelle relative al tema, recentemente sviluppato, dei liquidi ionici porosi (liquidi organici ionici con svariate caratteristiche specifiche). Questi materiali vengono utilizzati come catalizzatori, per le loro caratteristiche di *gas trapping* ed anche per sintesi organiche selettive in processi di chimica verde. Altri argomenti sono quelli relativi alle proprietà della Silice funzionalizzata per applicazioni biomediche e dei coloranti intrappolati in zeoliti. Questi argomenti sono estremamente rilevanti non solo dal lato della ricerca di base ma anche per quanto riguarda i contratti industriali.
- *Fisica per le neuroscienze.* Questo tema di ricerca si occupa di realizzare, studiare e misurare la crescita di singoli neuroni o piccole reti neurali su supporti artificiali, occupandosi principalmente degli aspetti biochimici di base.
- *Fotocatalisi.* Le attività di ricerca nell'ambito della fotocatalisi sono orientate da un lato verso le applicazioni per il *water splitting* per la produzione di idrogeno, dall'altro all'abbattimento degli inquinanti. Un recente progetto realizzato con INRIM ha studiato la metrologia della fotocatalisi e la standardizzazione dei fotocatalizzatori.

¹ Vedi <http://www.nis.unito.it/> (link visitato a luglio 2019).

- *Hydrogen storage*. Nonostante sia diminuito l'interesse nei confronti dell'argomento per quanto riguarda l'industria dell'automotive, l'hydrogen storage continua ad essere un argomento estremamente rilevante principalmente grazie alle sue applicazioni nelle *fuel cells* ad idrogeno. A questo scopo nei laboratori UniTO continuano a venir studiati idruri di metalli leggeri.
- *Vetri metallici*. I vetri metallici, così come i metalli amorfi porosi, in particolare l'oro poroso ottenuto con tecniche di dealligazione, sono studiati per il loro utilizzo nei sensori, così come per materiali da utilizzare nelle tecniche spettroscopiche SERS (Surface Enhanced Raman Scattering).
- *Materiali termoelettrici*. Questo filone di ricerca comporta lo studio di giunzioni di materiali termoelettrici drogati con lo scopo del recupero di energia.
- *Nano-biochimica*. Sotto questa etichetta vengono riunite attività di ricerca che riguardano lo studio di enzimi modificati per la produzione di idrogeno e la realizzazione di celle fotoelettrochimiche.
- *Compositi caricati con carbonio*. In questa linea di ricerca vengono studiati e preparati polimeri isolanti caricati con materiali a base di carbonio con caratteristiche piezo resistive, ovvero la cui conduttività varia al variare della pressione. Questi materiali quindi vengono studiati per il loro uso nell'industria dell'automotive: questo campo ha una grande importanza sul lato della cooperazione industriale.
- *Altri materiali compositi*. Recentemente nell'ambito delle ricerche NST UniTO sono stati sviluppati nuovi materiali per l'industria aerospaziale.
- *Tecnologie del diamante*. Il diamante viene studiato sotto due profili: il primo è quello di supporto per studi di neuroscienze (vedi sopra); il secondo è quello legato alla creazione di nanodevices per fluidi. A questo scopo vengono creati nanocanali nella struttura del diamante utilizzando tecniche di bombardamento atomico.
- *Surfattanti e coloranti*. Surfattanti e coloranti vengono studiati per il loro impiego nelle celle fotovoltaiche, nello specifico in celle di Grätzel che utilizzano acqua come solvente. Questo filone di ricerca ha condotto recentemente ad importanti collaborazioni industriali.
- *Nanotecnologie per la farmaceutica e la cosmetica*. Quest'area di ricerca studia innanzi tutto la realizzazione di nuovi catalizzatori con nuove metodologie. Questi catalizzatori a loro volta sono basati su nanoparticelle ottenute con una combinazione di tecnologie a ultrasuoni e a microonde. Le nanoparticelle metalliche (in particolare nanoparticelle di Palladio, Nickel e Rame) possono venir disperse in matrici ossidiche quali Allumina o Ceria. Questo permette di ottenere aree superficiali molto maggiore ed una migliore attività del catalizzatore, utilizzato in tecniche di catalisi eterogenea per preparare farmaci e prodotti di chimica fine. Un'ulteriore linea di ricerca è relativa alla cristallizzazione modulata di molecole organiche, in particolare farmaci, per consentire una migliore biodisponibilità.

Tutte le infrastrutture di ricerca, come anche sopra ricordato, sono potenzialmente accessibili ad utenti esterni. Il sito internet del NIS nella sezione "Laboratories" dà la possibilità di prenotare gli strumenti, seguendo un apposito tariffario. Questo fatto è una delle conseguenze della politica "Open lab" di UniTO.

Il Centro di Eccellenza NIS è anche coinvolto in svariate collaborazioni e contratti di ricerca con imprese. Per alcuni di essi, in particolare quelli con gruppi industriali di maggiori dimensioni, si tratta di contratti pluriennali. Oltre a queste collaborazioni di maggiori dimensioni altri contratti di minore entità mirano alla soluzione di problemi produttivi e possono essere inquadrati come contratti di consulenza tecnico-scientifica. Infine è importante segnalare come nell'ambito di una di queste collaborazioni sta per essere costituito un laboratorio di ricerca condiviso Università-Impresa.

2.1.2 Analisi qualitativa: interviste. Il Centro Interdipartimentale "Giovanni Scansetti" per gli studi sugli amianti e gli altri particolari tossici

Il Centro Interdipartimentale "Giovanni Scansetti" per gli Studi sugli Amianti e gli altri particolari tossici è stato fondato nel 2001. Il suo scopo è quello di promuovere (oltre ad altre attivi-

tà quali scuole, seminari o conferenze) progetti di ricerca, legati agli argomenti della salute e dei problemi ambientali causati dal particolato tossico respirabile². I suoi membri appartengono a svariati Dipartimenti dell'Università, appartenenti sia all'area delle Scienze dure che a quella delle Scienze Mediche. Il Centro nelle sue attività di ricerca studia gli amianti, la silice e il quarzo, le fibre artificiali, le polveri metalliche, le nanoparticelle, così come materiali particolati generati dall'uomo. Più in generale gli oggetti della ricerca del Centro sono costituiti da qualsiasi materiale che potrebbe colpire l'apparato respiratorio quando inalato.

Tra i numerosi argomenti di ricerca studiati al momento dai ricercatori e dai docenti che appartengono al Centro alcuni sono direttamente legati alle NST. La maggior parte di queste ricerche è relativa ai temi della nanotossicologia e della sicurezza dei biomateriali, così come a quelli della nanomedicina. Più nello specifico tra gli argomenti di ricerca i più rilevanti sono:

- la sicurezza e le caratteristiche di patogenicità di nanoparticelle di diversa origine (quali amianti, metalli, ossidi metallici, Silice o Carbonio) così come dei nanotubi, con attenzione particolare agli effetti sull'apparato respiratorio e sulla pelle;
- la valutazione del rischio dei materiali nanostrutturati;
- la valutazione e la validazione di standard e test per la tossicologia dei nanomateriali;
- la realizzazione di corsi educativi e di aggiornamento per studenti e lavoratori sugli argomenti della nanosicurezza e della nanotossicità.

Alcuni dei ricercatori del Centro partecipano inoltre a progetti Europei relativi a questi argomenti.

2.1.3 Analisi bibliometrica quantitativa

Il *dataset* ottenuto con la metodologia sopra descritta conta per quanto riguarda UniTO un totale di 577 pubblicazioni. Queste sono state analizzate secondo diversi punti di vista. Il primo di questi è l'evoluzione temporale della produzione scientifica NST. Il primo è l'evoluzione temporale del numero di prodotti scientifici. Questi sono cresciuti in maniera sostanziale a partire dalla metà degli anni 2000 (il NIS è stato fondato nel 2004). La produzione ha un picco nel 2014, quindi scende lievemente.

Una seconda analisi è stata condotta sui nomi degli autori che hanno pubblicato i lavori scientifici nella lista. Senza scendere in dettagli è possibile dire che tutti gli autori dell'UniTO appartengono al Centro NIS, al Centro Scansetti o a entrambi.

Una terza analisi è stata condotta sulle "author keywords" dei lavori della lista, che sono state contate. È da tener presente che le "author keywords" non sono sempre riportate da Scopus. In totale le singole keywords erano oltre 1.200. Le più presenti nella lista sono (nell'ordine) Diamond, Thin films, Self-Assembly, Block Copolymers, Graphene, Quantum dots, Carbon nanotubes, Epitaxy, Ultrasound. Per la maggior parte quindi le keywords più rappresentate sono – come è ovvio – relative a temi di ricerca nanotech importanti. La maggior parte delle keywords più rappresentate (oltre a quelle sopra riportate) possono essere raggruppate sotto svariati dei temi di ricerca sopra descritti. Ad esempio le keywords relative alla Catalisi e ai materiali porosi sono Raman spectroscopy e X-ray diffraction come tecniche di studio adottate nel caso di questi materiali, e Nickel oxide e Titanium dioxide come materiali studiati. Ai temi della Fisica per le neuroscienze possiamo associare Diamond ed Epitaxy; alla fotocatalisi Titanium dioxide (il fotocatalizzatore più comune e importante); a Nano-biomechanics Cancer, Drug delivery, Cytotoxicity; ai Carbon-loaded composites Graphene, Carbon nanotubes e Graphene oxide; alle nanotecnologie del Diamante ovviamente Diamond. Altri importanti nanomateriali come i Quantum dots e le nanoparticelle (Nanoparticles) sono ovviamente presenti nella lista.

Infine le fonti (le riviste scientifiche) che hanno pubblicato gli articoli della lista sono stati contati. La lista dei singoli journals è di quasi 300 titoli. Anche in questi casi i risultati riflettono i temi di ricerca sopra presentati. Un numero vasto di riviste sono legate alle scienze dei materiali

² Vedi <https://www.centroscaansetti.unito.it/> (Link visitato a luglio 2019).

o alla chimica-fisica. Altre riviste appartengono ai campi della fisica e della farmacia, mentre sono presenti sia riviste chimiche generaliste che “*nano journals*” specifici.

2.2 Politecnico di Torino

Il Politecnico di Torino (PoliTO d’ora in poi) è la seconda università di Torino e del Piemonte. È stato fondato come tale nel primo quarto del XX secolo, ed è una università tecnologica, le cui attività di ricerca ed insegnamento sono unicamente nei campi dell’ingegneria e dell’architettura. Sia Rolfo e Finardi (2014) che Finardi & Breznitz (2017) ne hanno descritto in maniera estesa le attività ed il percorso storico, con un *focus* specifico sul trasferimento tecnologico. PoliTO conta al 2018 più di 33 mila studenti, e oltre 960 professori.

Le principali differenze rispetto ad UniTO sotto il punto di vista della presente analisi è il fatto che qui non esistono strutture allargate quali il Centro di Eccellenza NIS o il Centro Scansetti. Questo fatto, unito ad una struttura dei dipartimenti e dei gruppi di ricerca estremamente definita (come testimoniata anche dall’organizzazione del sito web ufficiale di PoliTO) comporta il fatto che un vasto numero di docenti e ricercatori è coinvolto, almeno in parte, in qualche genere di attività di ricerca nelle NST (con alcune sovrapposizioni tra tematiche di ricerca tra differenti gruppi e team di ricerca). Di conseguenza si è dovuto effettuare un numero molto vasto di interviste. In conclusione questa sezione è considerabilmente più lunga della precedente, nonostante entrambe le Università compiano estensivamente attività di ricerca nelle NST.

2.2.1 Analisi qualitativa: interviste. DISAT – Dipartimento di Scienze Applicate e Tecnologia

Buona parte delle attività di ricerca NST al PoliTO sono svolte da numerosi laboratori di ricerca che appartengono al Dipartimento di Scienze Applicate e Tecnologia – DISAT. Le sottosezioni riportate di seguito descrivono le attività di ricerca dei differenti gruppi e team di ricerca, come sopra accennato. È importante notare come alcuni dei gruppi di ricerca di questo dipartimento utilizzino materiali nanostrutturati (quali ad esempi catalizzatori) per le loro attività di ricerca; tuttavia, una volta intervistati, hanno definito le loro ricerche come di per sé non-nanotech.

2.2.1.1 CHENERGY – Gruppo di Ricerca Chimica e Tecnologie per l’Energia

Nel gruppo di ricerca CHENERGY diversi team di ricerca sono coinvolti in attività di ricerca NST. Qui di seguito si trova il dettaglio dei differenti temi di ricerca di ciascun team.

- *Team di ricerca Materiali applicati ed Elettrochimica*. I temi di ricerca centrali di questo team sono quelli dei materiali per nuovi sistemi di generazione di energia. Il primo argomento è quello dei materiali per batterie Li-ion, così come quello di nuovi sistemi di *storage* di energia basati sul Sodio e destinati ad impianti di energia solare. Più nello specifico il tema di ricerca è quello dei catodi nanostrutturati basati su Litio-Ferro e Fosfati (con caratteristiche di basso costo, basso impatto ambientale e alta capacità) e anodi basati su Titanio e Carbonio. Gli anodi di Carbonio vengono ottenuti da scarti alimentari. Un secondo tema di ricerca importante è quello dello studio di elettroliti solidi allo scopo di rimpiazzare i meno sicuri elettroliti liquidi. Per poter costruire questi sistemi il tema studia l’utilizzo di nanoparticelle di cellulosa per l’irrobustimento strutturale e di nanoparticelle ceramiche come elementi attivi con lo scopo di migliorare la conduttività ionica. Infine un terzo argomento di ricerca è quello delle celle solari *dye-sensitized* a basso costo e *environmentally-friendly*. In questo campo le attività di ricerca sono molteplici: nanoparticelle di idrogel di derivazione biologica; celle basate su perovskiti per sostituire il Silicio; nanofilm di polimeri migliorati con fluoro per migliorare le qualità autopulenti e di filtro UV del sistema; sostituzione di parti costose (come gli elettrodi in oro) con soluzioni a basso costo.
- *Team di ricerca Surf-Chem (Surface Chemistry of Materials)*. Le competenze principali del gruppo sono nell’ambito della Chimica di superficie. Una prima linea di ricerca è relativa all’utilizzo del biossido di Titanio (Titania) poroso, sia dopato sia in fase mista, ottenuto con tecniche sol-gel. La ricerca si occupa più nello specifico dello studio e del miglioramento delle proprietà fotocatalitiche del materiale. Una seconda linea di ricerca si occupa dello stu-

dio di catalizzatori a base di ossidi di Cobalto e di Manganese utilizzati per il *water splitting*, in particolare per l'ossidazione dell'acqua. Questi catalizzatori vengono studiati principalmente a causa del loro basso costo. Una terza linea di ricerca si occupa di microparticelle composite Silicio-metallo contenenti nanoparticelle metalliche magnetiche. Questi compositi vengono ottenuti collassando termicamente zeoliti dopate con metalli, e vengono studiati per le loro proprietà meccaniche, così come in applicazioni biomediche. Una quarta linea di ricerca studia nanotubi ibridi organico-inorganico ottenuti modificando delle Imogoliti.

- *Team di ricerca Solar Fuels and Functional Materials for Smart Energy Systems*. Le attività di ricerca NST del team sono relative alla modificazione di polimeri attraverso l'aggiunta di nanoparticelle nella matrice polimerica. Nei primi anni in cui questa linea di ricerca è stata intrapresa i materiali venivano studiati allo scopo di migliorarne le proprietà meccaniche sia per l'utilizzo come barriere impermeabili al gas sia per la resistenza alla fiamma. In seguito la ricerca si è evoluta verso altre proprietà funzionali, che includono la conduttività termica ed elettrica, tipicamente con l'utilizzo di nanotubi di carbonio e materiali grafenici. In anni più recenti il team ha iniziato lo studio di *coatings* nanostrutturati su vari substrati polimerici, preparando *coatings monolayer* e *multilayer* con proprietà di resistenza alla fiamma, barriera ai gas o conduttività elettrica. Le principali applicazioni di questi materiali sono in ambito energetico, ivi inclusi i materiali studiati per realizzare scambiatori di calore operanti in ambienti altamente corrosivi, diffusori di calore flessibili e materiali leggeri per applicazioni nei trasporti. Una recente area di applicazioni per questi materiali nanostrutturati è nei sistemi di *storage* di energia termochimici. Questi vengono realizzati attraverso lo sfruttamento della deidratazione reversibile di Sali idrati. In questi sistemi la nanostrutturazione con materiali grafenici permette vantaggi nella fase attiva di assorbimento, che sfrutta il miglioramento della conduttività termica e della stabilità meccanica, così come negli scambiatori di calore in nanocomposito polimerico, accoppiando conducibilità termica con resistenza alla corrosione e facilità di realizzazione in forme complesse.
- *Team di ricerca Electrochemistry*. I principali temi di ricerca di questo team di ricerca sono legati alle problematiche relative alle batterie innovative, e ai materiali necessari per il loro sviluppo. Tali sistemi elettrochimici sono ovviamente in uno stadio di pre-commercializzazione, e sono principalmente batterie più avanzate di quelle Li-ion, quali ad esempio le batterie Litio-Zolfo o Litio-aria, che presentano densità energetica da 5 a 10 volte quella delle batterie Li-ion. La principale attività di ricerca è relativa al design delle celle e all'utilizzo di nuovi materiali che sfruttino la nanostrutturazione. Ad esempio il team utilizza nanoparticelle allo scopo di costruire elettrodi porosi per le batterie Litio-Zolfo (dato che lo Zolfo non è conduttivo e deve venire intrappolato in un ambiente specifico) o prepara rivestimenti nanodimensionati per migliorare la conduttività, o rivestimenti polimerici ibridi per proteggere il Litio dall'ambiente esterno a causa della sua elevata reattività. Lo studio dell'utilizzo di questi materiali nanostrutturati (così come la costruzione di batterie) permette di realizzare elettrodi su misura in modo estremamente specifico, allo scopo di ottenere sia alte capacità sia alte energie da batterie di nuovo disegno. Un ulteriore tema di ricerca è quello delle batterie auto-riparanti, ovvero batterie costruite con parti (quali le membrane) in grado di auto-rigenerarsi o che contengono sensori che permettono l'interazione con sistemi di sicurezza.

2.2.1.2 Gruppo di ricerca CMPCS – Condensed matter physics and complex systems

Nell'ambito del gruppo di ricerca CMPS uno dei team, il tema di ricerca Nanophysics and quantum systems, si occupa di attività di ricerca NST. In generale le attività di ricerca del team sono principalmente legate a simulazioni teoriche, sebbene i ricercatori lavorino a stretto contatto con colleghi sperimentali. Il team ha iniziato circa 20 anni fa a lavorare su materiali basati su semiconduttori, e su materiali attivi otticamente quali l'Arseniuro di Gallio o altri materiali di sviluppo recente e sfruttati per applicazioni optoelettroniche, quali materiali a base di grafene. L'idea fondamentale che sottostà alle attività di ricerca è quella di simulare congegni optoelettronici, o transistori, rivelatori, laser di nuova generazione ed altri congegni studiati per le loro applicazioni nell'elettronica. Più nello specifico risultati importanti sono stati ottenuti nel campo

dei laser. I laser tradizionali sono basati su pozzi quantici (*quantum wells*), mentre recentemente sono stati utilizzati nuovi materiali, che emettono nel lontano infrarosso o che generano radiazione nel campo dei terahertz. Questo ha aiutato, verso la metà degli anni duemila, lo studio e poi la costruzione del primo laser a cascata quantica, che emette radiazioni in bande fino ad allora inesplorate. Il team di ricerca realizza simulazioni di diverso tipo (ad esempio utilizzando il metodo di Monte-Carlo) riproducendo con il calcolo ciò che accadrà nel congegno, e quindi raccogliendo risultati sulle sue proprietà. Lo studio è relativo sia allo stato stazionario sia al comportamento dipendente dal tempo. Più recentemente il team si è impegnato nello studio di materiali topologici (materiali che presentano proprietà superficiali diverse da quelle della struttura interna) e applicazioni legate ai computer quantici. Il team collabora con svariate istituzioni di ricerca nazionali ed internazionali, mentre le collaborazioni con le imprese sono meno sviluppate a causa della natura intrinseca dei temi di ricerca.

2.2.1.3 Gruppo di ricerca GLANCE – Glasses Ceramics and Composites

Tra i diversi argomenti di ricerca del gruppo GLANCE quelli appartenenti alle diverse aree NST sono svariati. Il primo di questi è relativo ai biomateriali. Gli specifici argomenti di ricerca in questo ambito sono svariati: *layer* antimicrobici (basati su composti di nanocluster di Argento in matrice di Silice o superfici in leghe di Titanio nanostrutturate); nanoparticelle magnetiche multifunzionali per applicazioni medicali (generalmente realizzate con struttura nucleo-rivestimento); modifica superficiale di leghe di Titanio allo scopo di migliorare l'adesione di tessuti duri o molli; funzionalizzazione superficiale di svariati biomateriali con biomolecole; sintesi, caratterizzazione e test di vetri ceramici bioattivi e ferromagnetici contenenti cristalli magnetici nanometrici in matrice di vetro biocompatibile; realizzazione e studio di vetri a base di Silicio o vetroceramiche contenenti elementi antibatterici quali Argento, Rame o Zinco.

Una seconda area di ricerca NST del gruppo è quella dello *sputtering*. Le attività di ricerca in questo campo sono relative al design, alla produzione e alla caratterizzazione di film sottili e di rivestimenti *smart* per svariate applicazioni. Questi film e rivestimenti sono disegnati e prodotti per diverse applicazioni, quali quelle biomediche, ottiche, nell'energia, per la resistenza ad ambienti severi, così come per applicazioni estetiche.

2.2.1.4 Gruppo di ricerca MPMNT - Materials and Processes for Micro & Nano Technologies

Il gruppo di ricerca MPMNST si occupa di svariati temi di ricerca NST; il gruppo è anche coinvolto nella sezione locale dell'IIT-Istituto Italiano di Tecnologia.

- *Biomedicale e alimentazione*. Questa linea di ricerca è legata a due temi principali: il rilevamento di biomolecole e la creazione di *smart scaffolds* per medicina di precisione. Quest'ultimo tema di ricerca prevede la costruzione di *scaffold* polimerici dove è possibile far crescere cellule tumorali in conformazione tridimensionale, ovvero simile a tessuti naturali. In questo modo è possibile testare su *avatar* di tumori serie di nuovi farmaci con lo scopo di realizzare tecniche di medicina personalizzata. Questi *scaffold* sono di per sé micrometrici ma sono nanostrutturati in modo da permettere l'adesione cellulare. Le loro strutture sono infatti simil-zeolitiche. Questa linea di ricerca è innovativa rispetto alla diagnostica tradizionale.
- *Industria 4.0*. Questa linea di ricerca è relativa principalmente alla stampa 3-D, in particolare di parti elettroniche e sensori realizzati in materiale polimerico. In questo campo il gruppo ha partecipato a bandi competitivi basati su fondi regionali.
- *Energia, sostenibilità e ambiente*. Le attività in quest'area scientifica sono focalizzate principalmente su: sensori per monitoraggio ambientale; membrane a base di grafene per filtrazione di acque; super-condensatori per lo *storage* di energia. In particolare quest'ultima linea di ricerca è finalizzata allo studio e alla produzione di super-condensatori alternativi e complementari alle batterie. Questi sono piccoli condensatori che presentano altissima capacità, principalmente realizzati in materiali polimerici e flessibili, e con un elettrolita a base acquosa. Il vantaggio di questi condensatori sono un utilizzo più facile e più ecologico delle batterie in termini di materiali utilizzati. In questi oggetti il lato nanotech della ricerca risiede nel-

lo studio e nella creazione della superficie degli elettrodi, che è nanostrutturata allo scopo di accrescere l'area superficiale, e realizzata con polimeri conduttivi a base grafite.

- *Sostenibilità ed energia.* Questa linea di ricerca viene condotta assieme alla sezione locale dell'IIT, fortemente connessa al gruppo di ricerca. Le attività di ricerca in questo caso sono relative alla economia *low carbon*: intrappolamento di CO₂ mediante l'utilizzo di materiali nanostrutturati, filtri ionici, dendrimeri e catalizzatori nanostrutturati per la riduzione della CO₂. Questi sono basati principalmente su ossidi metallici (come MnO_x, SnO_x, CuO_x, TiO_x, ZnO_x) e grafene. Questi catalizzatori possono venir utilizzati anche per processi di elettrocatalisi e fotocatalisi per la riduzione di CO₂. Lo scopo di questi processi è la trasformazione di CO₂ in materiali carboniosi. Un ulteriore punto di rilievo è un nuovo laboratorio di biocatalisi (completamente finanziato dal governo della Regione) dove verranno studiati batteri capaci di digerire la CO₂ e di trasformarla in idrocarburi, o di produrre biopolimeri biodegradabili.

Le collaborazioni industriali sono legate ai diversi argomenti di ricerca. Nel biomedicale la maggior parte delle collaborazioni sono con imprese che puntano ad utilizzare i dati della medicina di precisione piuttosto che con quelle interessate allo sviluppo dell'hardware. Questo è dovuto alla struttura del settore industriale nella Regione. Per *l'agrifood* la presenza di un numero vasto di imprese rende le collaborazioni più facili, anche se la maggior parte delle imprese sono utilizzatori finali interessati a soluzioni tecnologiche per il monitoraggio della qualità dei cibi, ovvero nel controllo della presenza di batteri, antibiotici, steroidi anabolizzanti, etc. Anche in questo caso i produttori di tecnologia sono assenti nell'ambiente industriale della Regione. L'industria 4.0 è di interesse per diversi settori, e svariate imprese desiderano innovare le loro linee di produzione. La ricerca in questo ambito persegue la creazione di hardware non standard realizzato con nanoelettronica *ad hoc*, più nello specifico per risolvere problemi di miniaturizzazione ad esempio per la misurazione di parametri. La collaborazione nel campo dell'energia e dell'ambiente coinvolge la gestione e la produzione dell'energia, grandi attori e imprese interessate al monitoraggio ambientale, nella gestione delle acque e del gas che hanno bisogno di verificare l'integrità delle loro reti di distribuzione, l'inquinamento. Per questo scopo necessitano quindi di sensori da integrare nelle loro strutture. Svariate grandi attori mostrano infine grande interesse nei confronti dell'abbattimento e del riutilizzo di CO₂. Lo scopo è di produrre congeni che spesso necessitano materiali nanostrutturati specifici per la loro realizzazione.

2.2.1.5 Gruppo di ricerca MUSYCHEN – Multiphase systems and chemical engineering

Nel gruppo di ricerca MUSYCHEN svariati team di ricerca sono coinvolti in attività di ricerca NST. qui di seguito si trova un dettaglio dei diversi temi di ricerca.

- *Team di ricerca Process system engineering.* Il principale interesse del gruppo in ambito NST è la produzione di nanoparticelle polimeriche utilizzate come *carrier*. La principale applicazione studiata fino ad ora è l'utilizzo quale *carrier* di dsRNA in applicazioni di agropatologia e come *carrier* di antibiotici. Le nanoparticelle sono prodotte e caratterizzate in termini di distribuzione di dimensioni e di potenziale elettrico superficiale; quest'ultima caratteristica è essenziale in quanto la presenza di cariche superficiali negative/positive evita effetti di coalescenza tra le particelle; inoltre, in alcuni casi, è indispensabile avere una carica superficiale positiva o negativa per permettere che la particella interagisca col tessuto bersaglio. Una volta che le particelle sono state prodotte e il principio attivo è stato introdotto nelle particelle che dovranno trasportarlo, si effettua una titolazione del contenuto per via spettrofotometrica. Una parte rilevante dell'attività di ricerca è dedicata allo studio e all'applicazione delle migliori condizioni di produzione di nanoparticelle per questo scopo e per permettere la miglior concentrazione possibile del principio attivo nelle nanoparticelle, così come anche del rilascio dello stesso in condizioni di laboratorio. Una ulteriore sotto-tematica di ricerca è quella della conservazione nel tempo delle nanoparticelle, che devono essere stabili per un certo periodo di tempo tra la preparazione e l'uso. Le nanoparticelle sono quindi liofilizzate, e il processo produttivo è ottimizzato anche in termini del miglior tem-

po di conservazione. La ricerca è ovviamente condotta con dipartimenti ed istituti interessati nell'utilizzo delle particelle che vengono prodotte.

- *Team di ricerca Molecular Engineering Lab (MOLE)*. Tra gli svariati temi di ricerca del MOLE Lab due sono pienamente nanotecnologici. Il primo di questi è legato allo studio e alla realizzazione di nanoparticelle polimeriche utilizzate come *nanocarriers* per utilizzi farmaceutici. Queste nanoparticelle sono prodotte utilizzando svariate tecniche di fotopolimerizzazione: minimulsione, aerosol e microfluidica. Ciascuna tecnica determina la produzione di una diversa fase dispersa precursore della formazione di nanoparticelle. La attività sperimentale è relativa anche al controllo della struttura delle nanoparticelle. È possibile infatti ottenere quattro diversi tipi di strutture di nanoparticelle: piene, capsule, porose e capsule porose. Oltre all'attività sperimentale in laboratorio vengono realizzate anche simulazioni computazionali aventi lo scopo di meglio studiare e definire le proprietà di trasporto delle nanoparticelle. Una seconda linea di ricerca studia l'utilizzo di micro- e nanoparticelle per l'incapsulamento di gas Etilene per applicazioni di rilascio controllato nell'industria alimentare. Nello specifico l'Etilene viene utilizzato nelle soluzioni di *packaging* per la frutta come agente di promozione della maturazione. In questo caso le nanoparticelle sono realizzate utilizzando complessi di estrusione di Ciclodestrine: il gas viene intrappolato nei cristalli di Ciclodestrina e il suo rilascio controllato permette di controllare la velocità di maturazione.
- *Team di ricerca POLILATT (Textile Research & Process Engineering)*. Il principale tema di ricerca NST del team di ricerca POLILATT è legato alla funzionalizzazione dei tessili. In particolare la principale competenza NST del team è nella produzione di nanoparticelle polimeriche contenenti principi attivi, e il loro deposito sulla superficie di materiali tessili per applicazioni farmacologiche, para-farmacologiche o cosmetiche. Le nanoparticelle legate alla superficie rilasciano ingredienti attivi per applicazione transdermiche (ad esempio per dare sollievo al dolore della pelle in determinate condizioni). I materiali tessili possono essere garze ospedaliere o indumenti, a seconda della specifica applicazione. Un ulteriore linea di ricerca è quella della funzionalizzazione superficiale di fibre sintetiche (specificatamente poliesteri) con polimeri idrofilici (quali PEDGA o METAC). I rivestimenti nanodimensionati, ottenuti polimerizzando i monomeri direttamente sulla superficie della fibra, conferiscono proprietà idrofiliche capaci di imitare il comportamento del cotone. Infine una terza linea di ricerca NST è quella della modificazione con plasma della superficie di fibre tessili allo scopo di modificare le caratteristiche superficiali o di preparare le fibre per un successivo grip-paggio.

2.2.1.6 Gruppo di ricerca SIMTI – Materials Science and Engineering for Innovative Technologies

All'interno del gruppo di ricerca SIMTI svariati team di ricerca sono coinvolti in attività di ricerca NST. qui di seguito si trova il dettaglio dei differenti argomenti.

- *Team di ricerca ALL-POLYMER*. L'argomento di ricerca principale del team è legato alla modificazione dei polimeri per mezzo di materiali nanostrutturati o di rivestimenti per applicazioni di diverso tipo. I polimeri, sia termoplastici che termoindurenti, sono caricati con diversi materiali nanostrutturati quali materiali carboniosi (come il grafene e i nanotubi di carbonio), argille nanostrutturate o piezoceramici. Per quanto riguarda questi ultimi materiali l'obiettivo è quello di migliorare la conduttività termo-meccanica o elettrica della matrice polimerica, o di ottenere materiali con proprietà *energy harvesting* o piezoelettriche. I nanorivestimenti sono ottenuti utilizzando sia sub-micro-particelle sia nanoparticelle. Vengono utilizzati anche altri sistemi bottom-up (nello specifico i processi sol-gel) per ottenere superfici a ritardo di fiamma: strati ceramizzati, ottenuti depositando precursori nanodimensionati, conferiscono proprietà di ritardo di fiamma ai polimeri. Un ulteriore processo studiato prevede l'applicazione strato-su-strato di strati nanometrici (quasi monomolecolari) su tessuti o film, sfruttando l'interazione ionica del substrato. Infatti l'interazione elettrostatica permette di applicare strato sopra strato di uno specifico *nanofiller*, conferendo quindi proprietà di ritardo di fiamma senza cambiamenti esteriori del tessuto. Infine un ulteriore pro-

cesso che viene studiato è quello della dispersione di nanocariche in una matrice polimerica termoplastica di origine biologica. Le nanocariche sono disperse a bassa concentrazione (fino al 4-5 %) e quindi la massa viene estrusa o mescolata. L'obiettivo di questa tecnologia prevede applicazioni nell'industria *automotive* dove i polimeri di origine biologica permettono di ottenere un più alto grado di riciclabilità in una visione di economia circolare.

- *Team di ricerca Biomateriali.* Tra i diversi temi di ricerca del team uno è di particolare rilevanza per le NST. Questa ricerca è finalizzata alla preparazione di materiali per la rigenerazione di tessuti vivi, più nello specifico per promuovere l'osteogenesi e per guarire ferite croniche. A questo fine il gruppo utilizza specifiche micro/nanoparticelle nanostrutturate (di diametri attorno ai 100 nanometri) chiamate vetri mesoporosi, che possiedono nanostrutturazione interna. Questi vetri mesoporosi sono a base silicea e contengono ioni quali Calcio, Stronzio, Rame e Argento. L'utilizzo di un agente templante permette di modulare la struttura interna dei nanopori delle particelle. Una volta preparate le nanoparticelle la loro superficie può venir modificata per il *grafting* di anticorpi o di fattori di crescita. Le micro/nanoparticelle, a causa della loro nanostrutturazione, possiedono un'elevata area superficiale, e sono quindi adatte al rilascio di molecole o ioni (ad esempio ioni che possiedono caratteristiche di promozione di osteogenesi, antibatteriche o di promozione di angiogenesi). Un ulteriore argomento studiato è quello del rilascio controllato di farmaci, dal momento che le nanoparticelle possono venir caricate con farmaci, e il rilascio cinetico di queste molecole può venir controllato.
- *Team di ricerca Materiali ceramici.* Il team di ricerca studia materiali ceramici per svariate applicazioni. Quelle principali sono tuttavia in ambito biomedico. I ceramici Allumina-Zirconia sono studiati per produrre protesi di teste femorali, o protesi dentali e spinali; tali materiali presentano elevate proprietà meccaniche di resistenza alle fratture e di biocompatibilità. I ceramici non strutturali, basati su Fosfati di Calcio, vengono studiati come sostituti ossei. Questi materiali porosi infatti presentano proprietà meccaniche meno marcate ma in cambio sono in grado di indurre e stimolare la crescita spontanea del tessuto osseo quando vengono impiantati nel corpo umano, e sono quindi riassorbiti dal corpo stesso. La nanostrutturazione di questi materiali è fondamentale dal momento che lavorare con ceramici a grana estremamente fine permette di massimizzare le proprietà meccaniche e produrre materiali di maggior durata. Altre linee di ricerca studiano materiali ceramici monofasici o compositi che presentano caratteristiche di elevata resistenza agli shock termici e meccanici, e che vengono preparati per l'utilizzo nella produzione di utensili da taglio. Di nuovo l'utilizzo di polveri nanometriche permette l'ottenimento di più elevate proprietà. Un ulteriore tema è quello dei ceramici trasparenti, in grado di unire la trasparenza (propria dei vetri di Silice amorfa) con le proprietà meccaniche dei materiali ceramici. In questo caso la tecnologia prevede l'utilizzo di Allumina o di Spinelli dalla struttura cubica; specifiche tecniche di sinterizzazione (sinterizzazione ad alta pressione o a pulsazione elettrica) vengono utilizzate in questo caso.
- *Team di ricerca Materiali per alte temperature e nanocompositi.* L'interesse di ricerca principale di questo team di ricerca è legato alla realizzazione e allo studio di polimeri funzionalizzati mediante l'utilizzo di nanotubi di Carbonio o di Grafene. Un recente progetto di ricerca prevede da parte del team la valutazione dei trattamenti termici e delle caratteristiche di *creep* dei materiali prodotti. Un'ulteriore attività è quella legata all'utilizzo del Grafene e dei nanotubi di Carbonio, anche in unione ad altri *filler*, per conferire conduttività elettrica alle matrici polimeriche. Nanoparticelle, nanotubi e grafene vengono utilizzati anche per ottenere polimeri adatti alla lavorazione con raggi laser per ottenere tracce conduttive via pirolisi locale. La linea di ricerca più recente è dedicata allo studio del manufacturing additivo di polimeri modificati con *filler* nanostrutturati. Lo scopo in questo caso è lo studio dell'utilizzo di polimeri caricati con nanocariche come materiali da utilizzare in processi di additive manufacturing. I polimeri utilizzati come matrici in tutti i processi sopra descritti sono sia termoplastici che termoindurenti. Oltre ai compositi polimerici un'ulteriore linea di ricerca comporta l'utilizzo di nanoparticelle ceramiche (Allumina o nitruri di Alluminio) per migliorare le caratteristiche meccaniche delle leghe di Alluminio.

2.2.1.7 Gruppo di ricerca SMAC – Supercritical Fluids and Materials Chemistry

Il gruppo di ricerca SMAC – Fluidi supercritici e chimica dei materiali – unisce competenze in ambito Chimico (chimica delle superfici e chimica dello stato solido) e in Ingegneria Chimica (fluidi supercritici). Due dei principali argomenti di ricerca del gruppo sono legati alle NST. Il primo è relativo alla sintesi di aerogeli nanoporosi per mezzo di Biossido di carbonio supercritico. Per costruire questi aerogeli vengono utilizzati Silice e precursori organici. La seconda linea di ricerca (che al momento presente è la principale del gruppo) persegue lo studio di materiali nanostrutturati per il *drug delivery*. A questo scopo vengono prodotti e studiati due tipi di materiali inorganici. Il primo sono classici materiali mesoporosi a base di Silice, la cui nanoporosità può venir controllata durante la produzione. Un secondo materiale è l'Ossido di Zinco nanostrutturato. Questo materiale deriva dall'aggregazione di nanoparticelle di Ossido di Zinco, e presenta una porosità disordinata. Il vantaggio derivante dall'utilizzo di materiali a base di Ossido di Zinco per il *drug delivery* è legato alla sua attività antibatterica intrinseca (che deriva a sua volta dalla presenza di ioni Zinco). Assieme a materiali prodotti in laboratorio viene studiata anche una Silice mesoporosa commerciale, registrata come eccipiente farmacologico. Questa è utilizzata nei passi successivi dell'attività di ricerca, che sono nell'ordine l'inserimento dei farmaci, ottenuto mediante l'utilizzo di Biossido di Carbonio supercritico, e il successivo studio del rilascio dei farmaci in sistemi che simulano in reale ambiente biologico.

2.2.1.8 Gruppo di ricerca SMIM – Superconductivity and Magnetism in Innovative Materials

Entrambi i team di ricerca del gruppo di ricerca SMIM sono coinvolti in attività di ricerca NST. Il gruppo di ricerca si occupa i problemi scientifico-tecnologici legati alla superconduttività. Una parte degli argomenti di ricerca possono venir riuniti sotto l'egida "nanotecnologia" mentre i rimanenti sono meglio descritti come "nanoscienza". Nello studio della superconduttività i ricercatori traggono vantaggio dalla generazione alla nanoscala del fenomeno. Il team maggiormente coinvolto nella ricerca nanoscientifica di base persegue principalmente la realizzazione e lo studio di nuovi materiali superconduttori, sia migliorando materiali esistenti che studiandone di nuovi mai studiati come superconduttori. La ricerca prevede, tra le altre tecniche, l'utilizzo della *Scanning tunnelling spectroscopy* per caratterizzare i materiali e l'introduzione di difetti nei superconduttori utilizzando campi elettrici forti allo scopo di ottenere semiconduttori-superconduttori. Il secondo team si occupa principalmente di argomenti maggiormente applicativi quali la caratterizzazione di cavi superconduttori o di rivelatori di singolo fotone basati su superconduttori.

2.2.2 Analisi qualitativa: interviste. DIATI – Dipartimento di Ingegneria Ambientale, Territorio e Infrastrutture

Presso il DIATI (più nello specifico nel gruppo di Ricerca di Ingegneria Sanitaria-Ambientale) viene svolta una importante linea di ricerca che utilizza materiali nanostrutturati. Questa attività di ricerca si occupa dell'utilizzo di grandi quantità di nanoparticelle per realizzare attività di bonifica e di decontaminazione. L'importanza di questa ricerca è principalmente dovuta all'elevato numero di siti contaminati esistenti: questi sono circa 1 milione 200 mila secondo una ricerca del JRC. Si dovrebbe infatti considerare il fatto che fiumi e laghi sono un metro 1 % del totale delle acque dolci, mentre il 30 % di queste è costituito da acque di falda (il resto del totale è presente nei ghiacci polari). È inoltre importante tener presente che le acque dolci sono solo il 3 % della quantità totale di acqua presente sul pianeta.

Il problema principale che questa tecnologia mira a risolvere è quello dei composti organici clorati come il Tricoloroetilene. Questi composti sono usati diffusamente come solventi in ambito chimico e meccanico, così come nella pulizia a secco. Non sono miscibili con l'acqua e sono più densi, e di conseguenza migrano nel sottosuolo come fase separata fino a che non raggiungono uno strato impermeabile. Qui essi migrano lentamente inquinando l'acqua di falda, dato che il continuo contatto tra la fase inquinante e l'acqua che fluisce lentamente provoca un fenomeno di *stripping* dell'inquinante da parte dell'acqua di falda stessa.

In passato sono state studiate diverse tecniche per rimediare a questo problema, quali tecniche di pompaggio e successivo trattamento, di *stripping* dei contaminanti con vapore, di degradazione microbica, eccetera. Nondimeno nessuna di queste tecniche è soddisfacente, o per i risultati ottenibili o per i problemi di sicurezza sul lavoro che comporta.

Il metodo studiato in passato dal gruppo di ricerca è quello delle Barriere Reattive Permeabili. Questa tecnologia consiste nello scavare una trincea spessa circa 50 centimetri e nello riempirla con una polvere di un agente ossidante capace di ridurre le molecole clorate. Questa reazione è più efficiente di quella di biodegradazione. L'agente ossidante comunemente utilizzato è il Ferro metallico. La barriera viene installata attraverso il flusso di acque di falda e, essendo permeabile, permette il passaggio delle acque e la loro reazione con l'agente ossidante.

La naturale evoluzione di questa tecnologia è stato il passaggio da particelle millimetriche alle nanoparticelle. Dato che le cinetiche di reazione sono ovviamente influenzate dalla superficie specifica dell'agente ossidante, l'utilizzo delle nanoparticelle – di dimensioni attorno agli 80 nanometri – permette una efficienza molto maggiore. Inoltre in questo caso è possibile l'iniezione delle Nanoparticelle di ferro forando il suolo e raggiungendo direttamente la fase inquinata. La tecnologia permette di raggiungere profondità fino ai 15 metri, e le quantità di nanoparticelle impiegate sono solitamente attorno alle 10 tonnellate.

L'interesse di ricerca, dal punto di vista ingegneristico, è quello relativo al dimensionamento dell'intervento: dove e quante volte si dovrebbe perforare il suolo, a che distanza possono arrivare le nanoparticelle di ferro, che quantità si dovrebbe utilizzare, eccetera. In questo risiede la conoscenza specifica del gruppo di ricerca. Le nanoparticelle presentano un problema tecnologico rilevante: a causa del loro peculiare comportamento magnetico, tendono a coalescere e, quindi, a non diffondersi nella fase inquinata e nella corrente inquinata. Dopo numerosi test si è evinto che la migliore soluzione atta a stabilizzare le nanoparticelle di Ferro è l'utilizzo di polimeri surfattanti in grado di stabilizzare le nanoparticelle. Tali polimeri sono biodegradabili e vengono utilizzati anche per le lavorazioni in campo alimentare. Le nanoparticelle vengono quindi stabilizzate prima della loro iniezione, permettendo di utilizzare pressioni minori. Questa tecnologia ha permesso di raggiungere distanze record per quanto riguarda la diffusione delle nanoparticelle. Dopo una serie di test di laboratorio la tecnologia è stata scalata ed è stata implementata in una serie di progetti di ricerca Europei. L'ultimo di questi prevede l'utilizzo di Ossidi di Ferro con lo scopo di interagire con metalli. Le attività di ricerca hanno generato anche un certo numero di recenti brevetti, così come di collaborazioni scientifiche internazionali.

2.2.3 Analisi qualitative: interviste. DIMEAS – Dipartimento di Ingegneria Meccanica ed Aerospaziale

Il gruppo di ricerca “Materiali per le Bionanotecnologie e laboratorio biomedico” del DIMEAS sviluppa biomateriali degradabili di origine sintetica e naturale per applicazioni biomediche. Per quanto riguarda le applicazioni NST il gruppo disegna materiali sintetici che vengono processati in forma di nanoparticelle nel *range* dimensionale del centinaio di nanometri, utilizzando metodologie di precipitazione o emulsione. L'applicazione principale è in utilizzi di *drug delivery* per la cura dei tumori, dove le nanoparticelle tendono preferenzialmente ad accumularsi. Il gruppo ha testato a questo scopo sia polimeri commerciali sia autoprodotti. Una ulteriore linea di ricerca si occupa dell'incapsulamento di nanoparticelle di Ossido di Ferro Magnetico per ottenere nanomedicine multifunzionali. Questi sistemi possono essere diretti verso il target applicando un campo magnetico esterno e, seguentemente, generare calore per danneggiare le cellule tumorali, o possono venire utilizzate come agente di contrasto per la risonanza magnetica. Le nanoparticelle possono anche venir decorate in superficie per ottenere circolazione specifica o caratteristiche di riconoscimento del target. Ad esempio anticorpi specifici con affinità per i recettori o le cellule cancerose possono essere legati alle loro superfici. Queste attività vengono condotte in collaborazioni con ospedali nazionali ed internazionali, allo scopo di investigare le loro possibili applicazioni in ambito clinico.

2.2.4 Analisi qualitativa: interviste. DET – Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni

Alcuni dei gruppi di ricerca del DET svolgono attività di ricerca NST. Questo fatto è testimoniato anche dalla notevole produzione scientifica NST dei Docenti e Ricercatori del Dipartimento. Le sottosezioni qui di seguito descrivono le attività di ricerca dei diversi gruppi di ricerca coinvolti.

2.2.4.1 Gruppo di Ricerca Linear and nonlinear circuits and systems (LINCS)

Il gruppo di ricerca LINCS svolge ricerche nell'ambito dello sviluppo di modelli di circuiti di nano-dispositivi. L'uso della modellizzazione ha lo scopo di progettare sistemi di calcolo biologicamente ispirati, quali reti neurali o memorie associative. Negli ultimi tre anni i nano-dispositivi maggiormente studiati sono stati i memoristor (*memory resistor*). Queste sono memorie RAM basate su resistori. L'interesse principale del gruppo è nell'estrazione di modelli funzionali aventi lo scopo di modellare sistemi partendo dalle caratteristiche fisiche della materia e dalla caratterizzazione elettrica. Parte delle attività di ricerca sono a "basso livello", ovvero al livello del dispositivo, dove si cerca di comprendere i problemi fisici che sono alla base del funzionamento del dispositivo e che permettono di stabilire le principali caratteristiche di funzionamento. Ad esempio i memoristor sono in grado di memorizzare informazioni modificando il loro stato resistivo a seguito di impulsi elettrici. Una volta che un modello di circuito viene sviluppato questo viene inserito in un modello più complesso, portando l'interesse a livello di circuito, dove le caratteristiche di quest'ultimo vengono sviluppate, studiando il comportamento dinamico di circuiti non lineari. A questo scopo vengono sfruttate diverse tecniche basate su equazioni differenziali non lineari allo scopo di comprendere comportamenti non stazionari, oscillatori o anche caotici. A questo stadio le unità di calcolo vengono quindi collegate allo scopo di costruire una rete, sfruttando i sopra descritti comportamenti dinamici, e provando a comprendere come le unità dovrebbero essere connesse per realizzare operazioni utili. A seconda dello scopo possono venir sfruttati svariati comportamenti e diverse operazioni devono essere combinate per generare un algoritmo. Ciò che è maggiormente rilevante dal punto di vista delle NST è al livello della modellizzazione dei dispositivi. Dato che il gruppo effettua unicamente studi teorici, è interfacciato con laboratori che costruiscono i dispositivi a partire dalle misure che vengono effettuate, e che realizzano l'integrazione dei diversi circuiti e congegni.

2.2.4.2 Gruppo di ricerca VLSI Theory, Design and Applications (VLSILAB)

I temi di ricerca NST nell'ambito del VLSILAB sono essenzialmente due, oltre ad alcuni di minore importanza. Un primo tema di ricerca è legato al *nanocomputing*, dove il gruppo lavora per sfruttare le NST per realizzare elaborazioni non convenzionali. I transistori di Silicio sono oggi di fronte ad una barriera fisica, dato che le loro dimensioni (che sono al momento attorno ai 10 nanometri) non possono venir scalate al di sotto di questo livello di miniaturizzazione. Di conseguenza è indispensabile seguire nuove strade. Il gruppo investiga tecnologie emergenti che non utilizzano transistor MOS, che sono al momento quelli utilizzati nei circuiti integrati. In specifico il gruppo studia l'applicazione di nanomagneti alla elaborazione dell'informazione. I nanomagneti possono essere utilizzati come mattoni elementari di calcolatori in svariati diversi modi. In generale il meccanismo è quello di trasmettere informazione attraverso il magnetismo e non attraverso impulsi elettrici. Una seconda linea di ricerca è relativa a dispositivi molecolari, che utilizzano molecole con forme specifiche che li rendono capaci di trasmettere informazione attraverso accoppiamento elettrostatico. Questa seconda linea di ricerca è ancor più avanzata della precedente. Infine una terza, più classica, linea di ricerca ha lo scopo di migliorare tecnologie basate sul Silicio attraverso tecniche NST, ad esempio utilizzando nanotubi o nanofili. Una ultima linea di ricerca è legata ai sensori, con lo scopo di produrre sensori sofisticati e miniaturizzati. Le principali collaborazioni industriali del gruppo sono al di fuori dell'Italia.

2.2.4.3 Gruppo di ricerca Semiconductor integrated optoelectronics and photonics (SIOP)

Una delle numerose linee di ricerca del gruppo – principalmente legate all'optoelettronica e alle microonde – è in ambito NST. Il gruppo è stato coinvolto negli ultimi dieci anni nello stu-

dio teoretico dell'uso di quantum dot semiconduttori per le loro applicazioni in dispositivi fotonici, in particolare in laser per la trasmissione di informazione. Il gruppo ha realizzato la modellizzazione di dispositivi che incorporano quantum dot, partendo dalle loro proprietà e da altri dati sperimentali. Una volta studiato un modello teoretico la progettazione e la produzione dei dispositivi sono stati studiati al di fuori. Negli ultimi anni l'esperienza acquisita nella modellizzazione dell'utilizzo dei quantum dot è stata sfruttata anche per quanto riguarda il loro uso nelle celle fotovoltaiche.

2.2.5 Analisi bibliometrica quantitativa

Il *dataset* ottenuto seguendo la metodologia sopra descritta contiene, nel caso di PoliTO, un totale di 1.177 pubblicazioni. Anche in questo caso queste pubblicazioni sono state analizzate sotto i medesimi punti di vista. Per quanto riguarda l'evoluzione temporale della produzione scientifica NST i risultati mostrano che la crescita (a partire dal 1996) del numero di pubblicazioni inizia prima rispetto al caso precedente, anche se è meno regolare. La presenza di alti e bassi potrebbe dipendere ad esempio dalla presenza o meno di finanziamenti derivanti da progetti di ricerca competitivi.

L'analisi dei nomi degli autori mostra una buona conformità con i dati ottenuti attraverso l'analisi qualitativa. Tutti i ricercatori e docenti di PoliTO maggiormente produttivi in ambito NST sono tra coloro che sono stati intervistati per la stessa analisi qualitativa.

La lista delle *keyword* presenti nei prodotti scientifici di PoliTO è abbastanza lunga; questo è comprensibile dato il numero abbastanza ampio di temi di ricerca descritti nella precedente sezione. La *keyword* con il maggior numero di presenze è Graphene con 63 presenze (insieme a "Graphene nanoplatelets" e "Graphene oxide"). È seguita da "Quantum dot(s)" con 33 presenze e "Dye-sensitized solar cell(s)" con 31. Il grafene è allo stato attuale delle cose un argomento di tendenza, trattandosi di un materiale utilizzabile per numerose applicazioni, per cui la sua presenza in cima alla lista non è una sorpresa. Anche i quantum dot possono venire utilizzati per molti scopi, nondimeno il numero di presenze nella lista è poco più della metà del precedente. Più in generale le *keyword* della lista riflettono i temi di ricerca descritti nella precedente analisi qualitativa. È interessante notare come le *keyword* relative alle attività di ricerca in nanoelettronica siano rappresentate in misura minore nella lista ("Semiconductor lasers", quella più presente, si trova dieci volte). Per contro alcuni dei giornali di ambito elettronico – quali "IEEE Journal of Quantum Electronics", o "Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering" – sono in cima alla lista delle fonti. Più in generale quest'ultima lista mostra l'ampio numero di aree scientifiche toccate dalla ricerca NST di PoliTO.

2.3 Università del Piemonte Orientale "Amedeo Avogadro"

L'Università del Piemonte Orientale "Amedeo Avogadro" (UniUPO d'ora in poi) è stata fondata nel 1998. Questo è dovuto al fatto che fin dagli anni '60 del XX secolo l'Università di Torino aveva attivato corsi di studio nelle città del Piemonte orientale di Novara e Vercelli e, successivamente, di Alessandria. In seguito a questo fatto vennero create delle sedi distaccate dell'Ateneo in queste città, a cui seguì come naturale conseguenza la creazione di una nuova università indipendente. UniUPO conta a tutto il 2018 quasi 13 mila studenti e più di 370 professori.

2.3.1 Analisi qualitativa: interviste

Le ricerche NST ad UniUPO sono concentrate fondamentalmente al DISIT – Dipartimento di Scienze e Innovazione Tecnologica. Nello specifico sono due i gruppi di ricerca coinvolti nelle NST: il gruppo SusMat (Sustainable development of materials), che è anche legato al Centro Interdisciplinare per le nanoscienze e lo sviluppo tecnologico dei materiali "nano-Sistemi" e il Macrogroup (chimica macromolecolare).

2.3.1.1 Gruppo di ricerca SusMat e Centro Interdisciplinare per le nanoscienze e lo sviluppo tecnologico dei materiali “nano-Sistemi”

In dettaglio i temi di ricerca NST di questo gruppo sono:

- *Materiali per lo storage di gas.* Questi materiali sono studiati sia per il contenimento della CO₂ in applicazioni ambientali e per lo *storage* di metano. A questo scopo vengono studiati materiali porosi quali i PAF (Polymeric aromatic frameworks). Tali materiali possiedono aree superficiali superiori ai 3000 metri quadrati per grammo e sono di conseguenza estremamente promettenti in termini di possibilità di immagazzinamento di gas. Il gruppo ha rilevanti collaborazioni industriali in questo settore.
- *Materiali per la decontaminazione ambientale.* In questo ambito il gruppo è attivo nella sintesi e caratterizzazione di svariate tipologie di materiali: sistemi nanoporosi, zeoliti, materiali multistratificati sono tutti studiati ai fini di rimozione di metalli pesanti dalle acque, così come per la decontaminazione di gas nervini.
- *Catalizzatori ibridi.* Il gruppo studia catalizzatori ibridi organici/inorganici che permettono di realizzare processi industriali basati sulla catalisi eterogenea piuttosto che sulla catalisi omogenea del legame carbonio-carbonio, principalmente legati ai processi delle industrie della chimica fine e della farmaceutica. Questi processi sono meno inquinanti di quelli finora realizzati, motivo che guida la realizzazione di questi catalizzatori. Il gruppo è coinvolto in un vasto progetto Europeo che raggruppa anche utilizzatori finali dei processi e dei materiali.
- *Nanotecnologie per la nanomedicina.* Lo studio di applicazioni medicali nanotech è basato sull'utilizzo di nanoparticelle in applicazioni di imaging ottico o per la terapia fotodinamica multidimensionale, in cui le nanoparticelle sono in grado di rilasciare ossigeno molecolare allo stato di singoletto, che ha caratteristiche di citotossicità.

2.3.1.2 Gruppo di ricerca Macrogroup

I temi di ricerca NST del Gruppo di ricerca Macrogroup sono:

- *Preparazioni di copolimeri a blocchi per la realizzazione di superfici nanostrutturate.* Queste superfici sono sfruttate per diverse applicazioni, quali quelle di nanolitografia per la realizzazione di microelettronica e come maschere per il dopaggio di Silicio. Queste tecnologie permettono di realizzare circuiti alla scala dei 10 nanometri.
- *Copolimeri a blocchi per la produzione di nanosfere.* Questa attività è condotta in collaborazione con INRIM (vedi sotto).

2.3.2 Analisi bibliometrica quantitativa

I dati per le pubblicazioni UniUPO indicano un numero totale di 155 pubblicazioni scientifiche. Il primo anno presente è il 1999, appena dopo la costituzione dell'Ateneo. Il numero di pubblicazioni cresce lentamente ma costantemente, anche se non sempre regolarmente. L'anno con il maggior numero di pubblicazioni è il 2015 con 20, seguito dal 2012 e dal 2018 con 18 ciascuno, quindi dal 2014 con 17. Le *keywords* più utilizzate sono strettamente connesse con le attività di ricerca sopra presentate: “Self-assembly”, “Block copolymer(s)”, “PS-b-PMMA”, “Polymers”, “PTFE” sono legate alla ricerca sui copolimeri a blocchi, “Raman spectroscopy” e “X-ray diffraction” sono tecniche investigative comunemente utilizzate per i nanomateriali, “Biomaterials” e “Cytotoxicity” sono *keywords* strettamente legate con la ricerca in nanomedicina, infine “Nanoparticles” e “Graphene” sono ben noti oggetti nanostrutturati. Per quanto riguarda le riviste scientifiche, quelle più presenti sono “ACS Applied Materials” e “Interfaces”; queste ed altre riviste presenti nella lista sono perfettamente in linea con gli argomenti di ricerca sopra descritti.

2.4 INRIM – Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica

L'INRIM – Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica è stato fondato nel 2006, unendo due istituti di ricerca precedentemente esistenti: l'Istituto Elettrotecnico Nazionale “Galileo Ferraris” e l'Istituto di Metrologia del CNR “Gustavo Colonnetti”. La sua principale missione è quella di realizzare, mantenere e sviluppare i riferimenti nazionali standard di tutte le unità di misura. L'attività metrologica è potenziata da attività di ricerca applicata e *target free* in numerosi campi scientifici: le scienze dei materiali, l'ottica, la fisica. Tra questi ovviamente esistono svariati filoni di ricerca legati alle NST.

2.4.1 Analisi qualitativa: interviste

Negli ultimi decenni le attività di ricerca dei ricercatori dell'INRIM hanno riguardato svariati argomenti legati alle NST, che hanno peraltro sempre tenuto in considerazione applicazioni metrologiche. In particolare, negli anni appena precedenti e immediatamente successivo alla fondazione dell'Ente (anni 2000-2007, quindi quando esistevano, o erano appena confluiti nell'INRIM, l'Istituto Galileo Ferraris e l'Istituto Gustavo Colonnetti) i temi di ricerca principali erano quelli relativi: alle applicazioni del Silicio poroso nella fotonica e nella sensoristica per i gas, in particolare nelle interazioni con NO₂ ed altri gas; ai semiconduttori nanostrutturati; ai materiali magnetici; ai superconduttori e alle giunzioni Josephson. I primi laboratori dotati di *clean room* furono fondati negli anni 1990 e permisero fin d'allora la produzione e lo studio di questi materiali e di questi congegni. Inoltre all'inizio degli anni 2000 è stata iniziata una nuova linea di ricerca sulla nanolitografia.

Questi temi di ricerca hanno continuato ad essere perseguiti fino a che, verso la fine degli anni 2000, l'INRIM ricevette dalla Compagnia di San Paolo un consistente finanziamento per sostenere la creazione di un laboratorio di nanofabbricazione, la “Nanofacility INRIM”. Gli strumenti presenti in questo laboratorio – principalmente microscopi elettronici – hanno quindi permesso l'utilizzo di svariate tecniche di nano-manifattura quali la focalizzazione di raggi ionici, la nanomanipolazione, le nanolitografie ioniche ed elettroniche. È da notare come la strumentazione della *nanofacility* possa essere messa a disposizione di utenti esterni.

Al di là di questi argomenti i temi di ricerca principali sono attualmente (a partire dalla seconda metà degli anni 2000):

- *Litografia con nanosfere*, realizzata a partire dall'auto assemblaggio di nanosfere di polistirene o silice, e di copolimeri a blocchi. Queste nanosfere vengono depositate su superfici di silicio da soluzione con svariati approcci, come i metodi di Langmuir-Blodgett o lo *spin coating*. Le nanosfere di polistirene hanno dimensioni che vanno da pochi micrometri a 100 nanometri, mentre per raggiungere dimensioni tra i 50 e i 10 nanometri si utilizzano morfologie di copolimeri a blocchi (tipicamente in polistirene più polimetil metacrilato).
- *Metamateriali*. Questi materiali possiedono proprietà ottiche peculiari; presentano infatti effetti simili a quelli dei cristalli fotonici in sistemi con spessori di pochi strati atomici.

Le collaborazioni scientifiche dell'INRIM spaziano verso diversi enti di ricerca europei e italiani, con un *focus* specifico sulla metrologia; la presenza di un laboratorio di nanofabbricazione in un ente di ricerca metrologica è praticamente un unicum in Europa. Le collaborazioni industriali coinvolgono grandi gruppi industriali legati alla microelettronica e all'aerospazio, così come imprese di altre tipologie.

2.4.2 Analisi bibliometrica quantitativa.

L'analisi quantitativa è stata effettuata utilizzando la medesima metodologia utilizzate per le Università. Il database contiene un totale di 168 pubblicazioni. I dati iniziano ovviamente dal 2006, anno di fondazione dell'INRIM. Il numero di pubblicazioni cresce lievemente con il tempo, nonostante inevitabili alti e bassi. Il 2015 è l'anno col maggior numero di pubblicazioni

(23). Anche le *keywords* più presenti (Self-assembly/assembling con 10 presenze, Thin film con 10 e Magnetic thin film con 9) sono in linea con l'analisi qualitativa sopra riportata. Questo vale anche per le riviste scientifiche (la più presente è il Journal of Magnetism and Magnetic Materials con 10 articoli).

2.5 CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche

Il CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche è il più vasto e importante ente di ricerca pubblico italiano. Gli oltre 90 istituti che formano la sua rete di ricerca, ciascuno presente in diverse articolazioni territoriali, sono presenti su tutta la superficie del territorio italiano (oltre che in alcuni casi all'estero) e svolgono attività di ricerca in tutti i campi della conoscenza. Alcune di queste articolazioni territoriali sono situate in Piemonte, e tra queste alcune svolgono attività di ricerca nelle NST. Queste attività sono qui sotto descritte.

2.5.1 Analisi qualitativa: interviste

2.5.1.1 CNR-IMEM

Una piccola sezione territoriale del CNR-IMEM, l'Istituto dei Materiali per l'Elettronica e il Magnetismo del CNR, è ospitata presso il Politecnico di Torino. Più nello specifico le sue attività sono collegate a quelle del laboratorio di ricerca ChiLab, che viene gestito dai ricercatori del CNR³. Le attività di ricerca del gruppo spaziano dalle micro- alle nanotecnologie. I temi di ricerca NST sono svariati e sono sintetizzati nella lista seguente.

- *Congegni microfluidici e Lab-on-Chip per l'assistenza sanitaria, il monitoraggio ambientale e le applicazioni industriali.* In questa linea di ricerca viene studiata la fabbricazione di congegni microfluidici, provvisti di funzionalizzazioni *custom* e integrati con materiali micro- e nanostrutturati e sensori per svariati campi di applicazione.
- *Biosensing elettronico.* Quest'area di ricerca punta allo sviluppo di nuove tipologie di transistor come i Transistor Organici Elettrochimici (OECT), i Transistor in Grafene ad Effetto di Campo (G-FET) e i Transistor Organici a Effetto di Campo con Gate Elettrolitico (EGO-FET), sia attraverso lo sviluppo di nuovi processi in camera bianca o con l'uso di grafene o materiali polimerici.
- *Supercapacitori.* In questo campo vengono studiate diverse tipologie di elettrodi nanostrutturati a base di carbonio allo scopo di accrescere la *performance* dei supercapacitori.
- *Tecnologie di stampaggio 3D.* Questa attività di ricerca ha lo scopo di sviluppare un sistema multi-scala (da micro a nano) e multifunzionale per la creazione di prototipi di micro e nanooggetti. Questo sistema dovrebbe essere basato su materiali polimerici che dovrebbero garantire l'integrazione delle nanostrutture in parti e componenti di micro manifattura.

2.5.1.2 CNR-IMAMOTER

L'IMAMOTER, l'Istituto di Ricerca per le Macchine Agricole e Movimento terra del CNR, ha una sezione ospitata dall'Area della Ricerca di Torino. Un gruppo di ricercatori della sezione svolge attività di ricerca nelle NST seguendo due principali filoni di ricerca.

- *Materiali per applicazioni biomediche.* Questo filone di ricerca riguarda lo studio delle caratteristiche di materiali a base di nanoparticelle di Allumina o Zirconia in matrice polimerica. Questi materiali sono studiati per i loro possibili utilizzi in ambito biomedicale. Il gruppo di ricerca dell'IMAMOTER ha il compito di sintetizzare i materiali e di effettuare i test meccanici e le analisi chimico-fisiche. La ricerca è condotta in colla-

³ Si vedano le pagine web <https://areeweb.polito.it/ricerca/micronanotech/main-page> e http://www.disat.polito.it/the_department/internal_structures/department_labs/laboratori_area_fisica_e_fisica_della_materia/chilab_laboratory_chivasso (link visitato a luglio 2019).

borazione con ricercatori del Politecnico di Torino (sede di Alessandria) e della Dental School dell'Università degli Studi di Torino.

- *Materiali d'attrito per l'automotive*. L'argomento di questo filone di ricerca sono le nanoparticelle di varia natura, che vengono studiate per l'influenza che possono avere sul comportamento all'attrito delle parti meccaniche. Questa attività viene condotta in collaborazione con il Centro di Eccellenza NIS dell'Università di Torino e con un'impresa che opera nel campo dei materiali per attrito per l'automotive.

2.5.1.3 CNR-STIIMA

Il CNR-STIIMA (l'Istituto di Sistemi e Tecnologie Industriali per il Manifatturiero Avanzato) ha una sede a Biella. Questa sezione dell'Istituto si dedica ad attività di ricerca legate ai materiali tessili. Tra i numerosi temi di ricerca ne esiste uno legato alle NST. Le attività di ricerca in questo caso sono relative alla fabbricazione di nanofibre a partire da polimeri naturali. Le nanofibre sono prodotte a partire da soluzioni di polimero utilizzando una metodologia di *elettr spinning*. I materiali di partenza più importanti per questa fabbricazione, legati alle proprietà finali del prodotto, sono le cheratine, la proteina della lana. Nondimeno qualsiasi polimero solubile in un solvente volatile può essere trattato in questo modo, ad esempio la poliammide o miscele di polimeri. Le nanofibre dopo il processo di *elettr spinning* si auto-organizzano in strutture casuali producendo delle membrane. Questo materiale è compatto alla vista, ma è formato da nanofibre di circa 100 nanometri di diametro (il lavoro sperimentale è al momento indirizzato all'ottenimento di nanofibre di diametro inferiore). Queste membrane composte di nanofibre hanno svariate applicazioni. La prima di queste è per la filtrazione. Le membrane sono filtri meccanici, adatti alla filtrazione di particelle estremamente piccole. D'altro lato la loro superficie specifica è molto alta, e di conseguenza è possibile migliorare le proprietà di scambio di materia e di adsorbimento. I filtri possono quindi venir utilizzati per rimuovere ioni di metalli pesanti e coloranti dalle acque, o formaldeide e VOC dall'aria, grazie alla formazione di legami covalenti e alle proprietà chelanti della cheratina. Altre applicazioni sono in ambito biomedico. La nanostruttura mima quella dei tessuti umani, e i biopolimeri e la cheratina promuovono la crescita cellulare. Di conseguenza potrebbero venir utilizzati come *scaffolds* per creare in vitro culture cellulari o come impianti per guarire le ferite da ustione. Le nanofibre potrebbero anche venire funzionalizzate con nanoparticelle (ad esempio nanoparticelle di Argento per effetti antibatterici) o medicinali, o con nanoparticelle di biossido di Titanio per applicazioni fotocatalitiche. Il gruppo sta studiando al momento applicazioni in ambito dentistico.

2.5.2 Analisi bibliometrica quantitativa

Nel caso degli istituti CNR le pubblicazioni sono generalmente riportate sotto l'affiliazione generale del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Di conseguenza non è stato possibile effettuare una attività di ricerca bibliometrica utilizzando la medesima metodologia utilizzata per le precedenti istituzioni di ricerca. Quindi la ricerca bibliometrica è stata realizzata cercando nei database i nomi dei ricercatori coinvolti nelle attività di ricerca sopra descritte, e quindi applicando le queries già utilizzate.

Il dataset ottenuto contiene un totale di 32 prodotti scientifici. Le pubblicazioni per anno sono, come si può immaginare, mediamente molto poche, anche se si ha un notevole picco nel 2018 con 6 prodotti scientifici. Le keywords più presenti (Microcantilever con 4 presenze e Biosensor e Graphene con 3) sono in linea con quanto sopra descritto nell'analisi qualitativa. Per quanto riguarda le riviste la più presente è Biosensors and Bioelectronics con 3 articoli pubblicati nel corso degli anni.

2.6 Commenti conclusivi

I risultati di questa vasta analisi della ricerca piemontese nell'ambito delle nanotecnologie e delle nanoscienze mostra uno stato dell'arte notevolmente vario e complesso. Nella Regione le istituzioni di ricerca pubbliche (tre Università e due Enti di Ricerca pubblici) formano una rete vasta sia in termini geografici che di ambiti di ricerca. Nonostante Torino sia – ovviamente – po-

sta al centro di questa rete, e sia l'area più popolata in termini di istituzioni, anche l'Università del Piemonte Orientale rientra a pieno titolo in questa rete con importanti attività di ricerca.

I temi di ricerca presentati nella sezione precedente sono stati riassunti e sintetizzati in tabella 8. Questo è stato fatto con lo scopo di mostrare la complessità e l'estensione delle aree di ricerca NST toccate dagli enti presenti nella Regione. La tabella è stata costruita seguendo la classificazione empirica realizzata da (Islam and Miyazaki, 2010). Gli argomenti di ricerca NST sono divisi in quattro diverse categorie: Bionanotecnologie, Nanoelettronica, *Nanomanufacturing* e strumenti, Nanomateriali. È importante notare una differenza nel riportare gli argomenti di ricerca esistente tra PoliTO e gli altri enti di ricerca. Gli argomenti nelle colonne relative a PoliTO sono stati fusi e riportati una volta sola in caso di duplicazioni. Questo fatto è dovuto essenzialmente ad una certa frammentazione delle attività di ricerca NST in svariati gruppi e team di ricerca. Le altre istituzioni invece sono o più piccole (INRIM, UniUPO, istituti del CNR) o con una organizzazione centrale per quanto riguarda le NST (UniTO). Questi fatti hanno come conseguenza la necessità di riorganizzare per PoliTO i temi di ricerca in modo da evitare duplicazioni. È facile notare come le quattro categorie non siano equamente popolate. L'unica delle quattro ad essere presente in tutte gli enti sono i Nanomateriali. I temi di ricerca seguiti da più di una istituzione di ricerca sono diversi. Ad essere studiati in maniera estesa sono sia i nanomateriali strutturali sia quelli funzionali.

Anche le Bionanotecnologie sono studiate in maniera estesa nella Regione. In questo caso le linee di ricerca presentano una minore sovrapposizione rispetto al caso precedente, e il profilo di ricerca di ciascun Ente è più definito. Al contrario il *Nanomanufacturing* è dominio unico di PoliTO e degli Istituti CNR. In questo caso esiste un certo grado di sovrapposizione; questo potrebbe essere dovuto al fatto che uno degli Istituti CNR è situato fisicamente all'interno delle strutture di PoliTO e collabora intensivamente con uno dei suoi gruppi di ricerca. È importante inoltre notare come alcuni degli argomenti della categoria *Nanomanufacturing* siano molto vicini, o potrebbero essere condivisi con, la quarta ed ultima delle categorie: Nanoelettronica. A parte i temi "condivisi" con il CNR (come i supercapacitori) la Nanoelettronica è dominio unico di PoliTO.

La ricerca NST in Piemonte è quindi ben rappresentata in tutte gli enti di ricerca del Sistema Regionale dell'Innovazione. Il numero di pubblicazioni è cresciuto stabilmente con l'andar del tempo, anche se si è verificata una lieve decrescita negli ultimi due-tre anni. Tutti gli enti di ricerca collaborano in maniera bilanciata alla produzione scientifica Regionale.

La lista dei temi di ricerca NST quindi mostra un'ampia varietà di attività di ricerca, pur con qualche sovrapposizione tra i diversi enti. Tutte e quattro le categorie sono rappresentate nel sistema della Ricerca regionale, ciascuna con svariati diversi temi. Allo scopo di aggiungere maggior dettaglio alla descrizione delle attività di ricerca, le *keywords* relative agli enti di ricerca piemontesi sono state raggruppate e sintetizzate secondo quanto riportato in tabella 7.

Anche le *keywords* mostrano un panorama della ricerca quanto mai variegato e significativo a livello regionale. Questo potrebbe permettere a numerosissime imprese di reperire sul territorio possibilità di cooperazione e quindi di innovazione.

La cooperazione, anche nell'ambito regionale piemontese, deve ovviamente scontare i problemi classici della relazione ricerca-impresa che storicamente rendono complessa la relazione innovativa (Bruneel et al., 2010). Sotto questo punto di vista è importante ricordare le già esistenti iniziative regionali di supporto all'innovazione. La più nota è quella dei Poli di Innovazione⁴. I sette Poli di Innovazione regionali sono raggruppamenti di imprese (sia Piccole e Medie che grandi imprese, così come start up innovative) ed enti di ricerca impegnati ed attivi in uno specifico ambito tecnologico o applicativo. Il modello dei Poli di Innovazione è quello dei "distretti tecnologici" o dei "cluster innovativi" (Bertamino et al., 2017; Finardi, 2013). I loro scopi sono la promozione del technology transfer, la diffusione di servizi legati all'innovazione presso imprese (in particolare le PMI), la promozione della condivisione di strutture, conoscenze e competenze.

⁴ Si veda <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/fondi-progetti-europei/fondo-europeo-sviluppo-regionale-fesr/sistema-dei-poli-innovazione-regionali> (link visitato a giugno 2019).

Più recentemente alcune strutture di ricerca legate alle NST sono state finanziate e stanno per essere realizzate. Nel corso del 2018 la Regione Piemonte ha finanziato il progetto PiqueT – Piemonte Quantum Enabling Technology. Si tratta di un progetto molto ambizioso per la realizzazione di un nuovo centro di micro- e nanofabbricazione che concentra tutte le risorse umane e tecnologiche dedicate della ricerca pubblica piemontese (Enti di ricerca e Università). Il nuovo centro coinvolge l'INRIM assieme a dipartimenti di PoliTO e UniTO. La nuova infrastruttura unirà ricerca e impresa, con la presenza di impianti pilota di produzione. Le infrastrutture di ricerca saranno potenziate e condivise tra le istituzioni, con lo scopo di ottenere una maggiore “massa critica” di ricerca. Nel centro saranno presenti camere bianche (circa 1.000 metri quadrati di camere bianche, oltre a 1.500 metri quadrati di uffici ed altri laboratori), così come *facilities* di microscopia elettronica ed altre infrastrutture.

Un secondo importante progetto, anch'esso finanziato dalla Regione Piemonte è il progetto SAX – Advanced Instrumentations for Complex Systems. Questo progetto coinvolge UniTO e PoliTO, e nello specifico il Centro di Eccellenza NIS e il DISAT. Lo scopo del progetto è quello di creare un *open lab* attraverso l'acquisizione di una serie di strumenti di alto livello, quali un FEG-SEM, un diffrattometro a raggi X, un apparecchio per la micro-tomografia a raggi X. L'*open lab* dovrebbe essere una struttura capace di realizzare studi in grado di migliorare la spinta innovativa regionale e, potenzialmente, anche nazionale. Questi strumenti sono infatti apparecchi di rilevanza scientifico-tecnologica a livello Europeo. Il progetto inoltre vuole incentivare la rete di collaborazioni esistente tra l'università e i loro Incubatori d'impresa, aprendo la strada ad un Centro di Competenza regionale. È facile comprendere come questi progetti contribuiscano ad una immagine di un *cluster* regionale della ricerca NST vivo ed attivo, e particolarmente desideroso di contatti con le imprese ed il mondo industriale.

Tabella 7. Keywords Piemontesi

KEYWORD	N°
Graphene (nanoplatelets; oxide; transfer)	91
Quantum-dot (cellular automata)	48
Thin film(s)	47
Dye-sensitized solar cell(s)	40
Self-assembly(ng)	34
Carbon nanotubes	27
UV-curing	22
Photopolymerization	20
Block Copolymers	19
Coating	17
Nanocomposites	17
X-ray diffraction	17
Diamond	16
Polymer electrolyte	16
Raman spectroscopy	16
Semiconductor lasers	16
Zinc oxide	16
Mechanical properties	15
Microcantilever	14
Rapid thermal processing (RTP)	13
Thermal conductivity	13
XPS	13
Electrochemical impedance spectroscopy	12
Reduced graphene oxide	12
Nanoparticles	11
Sol-gel	11
PS-b-PMMA	10

Fonte: Elaborazione di dati Scopus.

Tabella 8. Temi della ricerca pubblica Piemontese nel campo delle NST

	Bionanotechnologie	Nanoelettronica	Nanomanufacturing e strumenti	Nanomateriali
UniTO	Nano-biochimica; Nanotecnologie per la farmaceutica e la cosmesi. Nanotossicologia; Nanosicurezza; Nanomedicina.			Catalisi e materiali porosi; Fotocatalisi; Fisica per le neuroscienze; <i>Storage</i> di idrogeno; Vetri metallici; Materiali termoelettrici; Materiali composite, composti <i>carbon-loaded</i> ; Nanotecnologie del diamante; Surfattanti e coloranti.
PoliTO	Bionanomateriali, bionanomateriali degradabili; Rilevamento di biomolecole; <i>Smart scaffolds</i> per la medicina di precisione; Nanoparticelle polimeriche <i>carrier</i> ; Materiali per la rigenerazione di tessuti vivi; Materiali nanostrutturati per il <i>drug delivery</i> .	Modelli di circuiti per <i>nanodevices (memristors)</i> ; Tecnologie emergenti per il <i>nanocomputing</i> (nanomagegi, apparati molecolari); Applicazioni dei <i>Quantum dots</i> in congegni fotonici.	Simulazione di materiali basati su semiconduttori; Stampa 3-D; Sensori; Membrane a base di Grafene per la filtrazione dell'acqua; Supercapacitori per lo <i>storage</i> di energia; Soluzioni per l'economia <i>low carbon</i> ; Nanoparticelle per l'industria alimentare; Funzionalizzazione di tessuti; Nanoparticelle per la <i>remediation</i> delle acque.	Materiali per sistemi energetici di nuova generazione e <i>smart</i> e per batterie innovative; Modifica e funzionalizzazione di polimeri per mezzo di materiali nanostrutturati; Nuovi catalizzatori e fotocatalizzatori; Materiali ceramici per applicazioni biomediche e meccaniche; Aerogeli nanoporosi; Materiali superconduttori.
UniUPO	Nanoparticelle per <i>imaging</i> ottico e terapia fotografica.			Materiali per il <i>gas storage</i> ; Materiali per la decontaminazione ambientale; Catalizzatori ibridi; Copolimeri a blocchi per la realizzazione di superfici nanostrutturate e nanosfere.
INRIM				Litografia basata su nanosfere; Metamateriali.
CNR	Biosensori elettronici; Materiali per applicazioni biomedicali.		Supercapacitori; Stampa 3-D; Congegni microfluidici and <i>Lab-On-Chip</i> per applicazioni sanitarie, per il monitoraggio ambientale e per applicazioni industriali; Fabbricazione di nanofibre per applicazioni di filtraggio.	Materiali di attrito per l'automotive.

Fonte: interviste.

3 LE IMPRESE PIEMONTESE ATTIVE NELLE NANOTECNOLOGIE

A differenza di quanto realizzato per gli enti di ricerca, la mappatura delle imprese in qualche modo legate alle NST è stata realizzata con una certa difficoltà. Questo fatto è dovuto ad una molteplicità di cause. Innanzi tutto esiste una palese difficoltà di identificazione della presenza di applicazioni NST nell'ambito del processo produttivo. Identificare questa presenza è relativamente facile solo nel caso di piccole startup o spin-off, o comunque di micro imprese basate sostanzialmente su brevetti o che hanno come *core business* la produzione di pochissimi tipi di prodotto o la fornitura di un numero molto ristretto di servizi. Nel caso di imprese di dimensioni maggiori definire la presenza o meno di applicazioni delle NST nell'ambito del pro-

cesso produttivo è ovviamente molto più complicato. Innanzi tutto perché le NST potrebbero essere presenti in fase di ricerca e sviluppo preproduttivo e quindi risultare invisibili se non attraverso un contatto diretto con le persone che si occupano specificatamente di questo argomento. In questo caso, inoltre, è altamente probabile che motivazioni di segretezza industriale renderebbero inaccessibile l'informazione. Inoltre nel caso di una impresa con un numero molto vasto di prodotti o servizi forniti può essere notevolmente difficile riuscire a rilevare la presenza di applicazioni NST nella quantità delle produzioni stesse.

Di conseguenza quello presentato nelle pagine seguenti può essere definito come un campione significativo di imprese. Questo perché, nonostante il lavoro di ricerca sia stato intenso e articolato, non sarebbe scientificamente accettabile definirlo come *survey* completa delle imprese piemontesi impegnate nelle NST. Tuttavia grazie alla metodologia di ricerca adottata il campione può appunto essere definito come altamente significativo.

3.1 Metodologia di reperimento delle informazioni

Le imprese sono state selezionate attraverso una metodologia complessa che ha previsto l'utilizzo di numerose serie di dati. La prima fonte sono stati i Poli di Innovazione regionali⁵. I Poli di Innovazione, finanziati attraverso i fondi POR-FESR, sono raggruppamenti di imprese (sia PMI e startup innovative che grandi imprese) ed enti di ricerca che svolgono le loro attività in specifiche aree di applicazione delle tecnologie. Sono stati ideati e costituiti seguendo i modelli dei "Cluster innovativi", dei distretti tecnologici e degli Innovation Hub. Gli scopi dei Poli di Innovazione piemontesi sono il trasferimento tecnologico, la diffusione dei servizi legati all'innovazione e il sostegno alla condivisione di strutture, conoscenze e competenze.

Proprio a causa della loro struttura e dei loro scopi i Poli di Innovazione sono stati la prima fonte di informazione considerata. Infatti era molto alta la probabilità di reperire al loro interno imprese ad elevato contenuto tecnologico, ad alta intensità di R&D o comunque proattive nei confronti delle nuove tecnologie. Nel caso di tre dei Poli di Innovazione (MESAP, Biomed e Clever) è stata richiesta direttamente a dirigenti del Polo una lista di imprese potenzialmente attive in ambito NST. Nel caso di altri tre Poli (Agrifood, Green chemistry e Pointex) si è invece effettuata una scansione delle imprese aderenti utilizzando i siti web dei Poli stessi. Grazie anche all'utilizzo di database specifici di imprese si è provveduto ad identificare quelle potenzialmente attive in ambito NST. Si è portata particolare attenzione alle imprese attive nei campi dei nuovi materiali, della produzione di circuiti elettronici, delle biotecnologie o della fabbricazione innovativa.

Una ulteriore fonte di informazione sono stati i siti web dei tre incubatori di impresa degli Atenei Piemontesi⁶. Le liste delle imprese – sia quelle attualmente incubate sia quelle incubate in passato – sono state scansionate con i medesimi criteri delle precedenti in modo da identificare imprese potenzialmente attive nelle NST.

Alcune imprese sono poi state reperite attraverso l'ultimo Censimento Italiano delle Nanotecnologie realizzato nel 2011 da AIRI – Associazione Italiana Ricerca Industriale⁷. Nonostante non sia più aggiornato il Censimento rimane comunque una fonte utile di informazione in questo senso.

La lista dei brevetti nanotech piemontesi utilizzata nello studio di Finardi (2018b) comprende inoltre alcuni brevetti registrati a nome di imprese piemontesi.

Infine alcune imprese considerate sono quelle che hanno partecipato al progetto Nanomat nel 2007-2008. Nonostante il progetto dati ad oltre un decennio fa le imprese sono state comunque prese in considerazione data l'importanza che ha avuto l'iniziativa per le nanotecnologie nell'ambito regionale.

Una volta individuata una lista di possibili candidati ad entrare nel database sono state seguite sostanzialmente due strade per poter completare l'informazione rispetto alla presenza o meno dell'utilizzo delle NST nel processo produttivo. Nel caso fossero disponibili indicazioni precise

⁵ Vedi <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/fondi-progetti-europei/fondo-europeo-sviluppo-regionale-fesr/sistema-dei-poli-innovazione-regionali> (link visitato a luglio 2019).

⁶ <http://www.2i3t.it/>; <https://www.i3p.it/>; <http://www.enne3.it/> (link visitato a luglio 2019).

⁷ Vedi <https://www.airi.it/2011/10/census-nano-2003-2006-2011/> (link visitato a luglio 2019).

di persone di contatto si è ovviamente provveduto a contattarle direttamente. Queste indicazioni sono state reperite o attraverso i Poli di Innovazione che hanno risposto alla richiesta di dati, o attraverso i siti web delle imprese, o attraverso i dati di database specializzati. Solitamente si è trattato di persone impegnate in ambito R&D (per quanto riguarda le imprese medio-grandi) o di uno degli imprenditori nel caso di imprese piccole o micro, tendenzialmente ad alto contenuto di conoscenza. A queste persone è stato chiesto esplicitamente di descrivere brevemente la (eventuale) presenza di applicazioni delle NST nell'ambito delle operazioni dell'impresa.

Nel caso non fossero presenti nominativi di riferimento il processo è stato ovviamente più complesso. In questo ovviamente non è stato possibile ottenere informazioni di prima mano, data la difficoltà di contattare direttamente le imprese senza il nominativo di una persona di riferimento. In questo caso ci si è riferiti direttamente ai siti web o ad informazioni terze.

Una volta reperiti i dati sulle attività NST delle imprese questi sono stati analizzati come sotto descritto.

3.2 Analisi

Una prima analisi effettuata è quella relativa alle dimensioni di impresa. A questo scopo ci si è riferiti alla definizione di micro/piccola/media/grande impresa data dall'Unione Europea secondo quanto segue⁸:

- microimpresa: meno di 10 dipendenti e un fatturato [...] o bilancio [...] annuo inferiore ai 2 milioni di euro;
- piccola impresa: meno di 50 dipendenti e un fatturato o bilancio annuo inferiore a 10 milioni di euro;
- media impresa: meno di 250 dipendenti e un fatturato annuo inferiore a 50 milioni di euro o un bilancio inferiore a 43 milioni di euro.

Un gruppo numericamente abbastanza consistente di imprese fa parte delle microimprese. Di queste sono state intervistate o comunque reperite 11 imprese che a vario titolo, attualmente o nel recente passato, si sono occupate di NST. La tabella 9 riporta una breve descrizione delle attività produttive NST di queste micro imprese. Per ciascuna impresa sono indicati il settore ATECO di riferimento (in modo da inquadrare l'impresa nel proprio settore industriale) e il Codice di avviamento postale della sede allo scopo di dare un'indicazione della distribuzione geografica delle imprese stesse.

Altre imprese appartengono ai gruppi delle piccole o medie imprese. Queste sono riportate con le medesime modalità in tabella 10.

Oltre alle micro imprese e alle PMI anche alcuni gruppi industriali si sono occupati in passato di NST o hanno produzioni in qualche modo riconducibili ad esse. Nel caso delle grandi imprese non è stato possibile reperire contatti di riferimento, per cui non viene realizzata una analisi dettagliata come quella precedente.

Il campione di imprese impegnate a vario titolo in ambito NST mostra una notevole differenziazione di ambiti produttivi. Il fatto di maggiore interesse è probabilmente che solo una parte delle imprese del campione lavorano in ambiti strettamente hi-tech e legati alla ricerca scientifico-tecnologica. Una parte delle imprese, anche se non maggioritaria, tenta di inserire ritrovati o processi NST nelle proprie attività produttive per realizzare vere e proprie innovazioni.

Se da un lato la scarsità numerica del campione (che peraltro risente delle problematiche oggettive sopra esposte) è un indice di bassa proattività nei confronti delle nuove tecnologie, è importante sottolineare come proprio la varietà di settori industriali presenti nella lista sia invece un indice positivo. Considerando infatti l'imprenditoria locale a livello generale questo fatto mostra un interesse diffuso verso le NST. Lo stesso si può dire considerando i CAP delle imprese, che mostrano una diffusione geografica abbastanza varia.

⁸ Si veda http://publications.europa.eu/resource/cellar/1bd0c013-0ba3-4549-b879-0ed797389fa1.0010.02/DOC_2 (link visitato a luglio 2019).

Tabella 9. Attività produttive NST delle micro imprese piemontesi campionate

1	ATECO 721909; CAP 28100
L'impresa 1 si occupa principalmente di formulazioni ad alto valore aggiunto, inizialmente in ambito farmaceutico per poi spostarsi anche ad altri settori. In ambito NST vengono realizzati nanosistemi omogenei ad alta pressione, realizzando nanosospensioni e nanoemulsioni.	
2	ATECO 261109; CAP 10139
L'impresa 2 si occupa di processi laser per texturing superficiale o per realizzare strutture al confine tra le micro e le nanotecnologie. In particolare produce laser utilizzati per incidere microcanali attraverso i quali è possibile veicolare nanoparticelle. Gli utilizzi sono legati a vari campi quali la farmaceutica, la cosmesi o il biomedicale. Ad esempio in ambito cosmetico si possono con questi metodi miscelare proteine da veicolare. Oppure è possibile realizzare canali che contengono una matrice acquosa che permette di rilevare metalli in applicazioni ambientali.	
3	ATECO 721000; CAP 10144
L'impresa 3 è attiva nell'ambito della nanomedicina e del drug delivery. Produce carrier lipidici caricati con farmaci, principi attivi o cosmetici. Le lavorazioni sono al confine tra micro- e nanotecnologie.	
4	ATECO 721909; CAP 10121
L'impresa 4 si occupa di diverse tematiche NST al confine tra produzione e ricerca. Ad esempio vengono studiati e realizzati film sottili che vengono poi nanolavorati (ad esempio con tecniche di etching) per scopi legati all'energia, o al biomedicale. In alcuni casi le superfici vengono funzionalizzate. Le collaborazioni con altre imprese ed enti di ricerca sono numerose.	
5	ATECO 303009; CAP 10122
L'impresa 5 si è occupata in passato di applicazioni aerospaziali delle nanotecnologie. Un primo tema di ricerca era quello dei polimeri (polipropilene) caricati con nanoargille per risolvere problemi di infiammabilità in ambito aerospaziale. Un secondo argomento era quello relativo allo sviluppo di inchiostri basati su nanoparticelle conduttive con lo scopo di stampare circuiti elettrici su superfici di oggetti. In questo tipo di lavorazione le nanoparticelle metalliche erano diluite in solventi che una volta evaporati lasciavano il circuito stampato sulla superficie stampata.	
6	ATECO 721909; CAP 28100
L'impresa 6 si occupa di accompagnare altre imprese verso l'utilizzo di nanomateriali per scopi industriali. Di conseguenza realizza test e prove in scala ed è in grado di fornire piccole produzioni di nanomateriali (nell'ambito dimensionale dei kg). Nello specifico produce argille lamellari e nanotubi. Inoltre effettua caratterizzazioni chimico-fisiche, meccaniche, microscopiche per controllo di qualità o simili, e sviluppa nuovi dispositivi per realizzare test.	
7	ATECO 289999; CAP 10121
L'impresa 7 realizza materiali microincapsulati per scopi di gestione della termoregolazione. Le produzioni si situano al confine tra le micro- e le nanotecnologie.	
8	ATECO 712010; CAP 10135
L'impresa 8 lavora nell'ambito delle analisi scientifiche e delle ricerche legate ai beni culturali e alle tecnologie dei materiali. A questo scopo ha realizzato una linea di materiali che prevedono tra le altre l'utilizzo di soluzioni NST per scopi di restauro e conservazione.	
9	ATECO 303009; CAP 10040
L'impresa 9 lavora nell'ambito dell'aerospazio e si è occupata nell'ambito delle proprie produzioni di spalmature di tessuti caricate con nanoparticelle. Lo scopo era quello di ottenere materiali con una migliore impermeabilità ai gas.	
10	ATECO 325020; CAP 10148
L'impresa 10 lavora nell'ambito della produzione di protesi dentarie. Ha partecipato a progetti europei legati all'innovazione nella protesica e nell'ortopedia, allo scopo di studiare materiali ceramici nanostrutturati da utilizzare nelle proprie produzioni.	
11	ATECO 749093; CAP 10121
L'impresa 11 produce sistemi per la stampa inkjet. In questo ambito ha partecipato ad un progetto europeo per lo sviluppo di formulazioni di inchiostri a base di nanoparticelle per l'utilizzo in applicazioni di stampa.	

Tabella 10. Attività produttive NST delle piccole e medie imprese piemontesi campionate

12	ATECO 270000; CAP 15033
L'impresa 12, nata nell'ambito della componentistica per elettrodomestici, è entrata negli anni 2000 nell'industria biomedicale. In ambito nanotech lavora in due aree prevalenti: quella dei nanomateriali, ingegnerizzando materiali innovativi, e quella delle bionanotecnologie, principalmente a scopi diagnostici, di sensoristica e altri.	
13	ATECO 721909; CAP 14037
L'impresa 13 opera in ambito del biomedico, realizzando applicazioni cliniche delle nanotecnologie: strati nanometrici legati per protesi dentarie, funzionalizzazioni con biomolecole, nanoparticelle per uso biologico.	
14	ATECO 467620; CAP 10126
L'impresa 14 è attiva nel campo dei materiali plastici, con un ampio spettro di produzioni. Tra i vari prodotti trovano posto anche nanocompositi (con filler silicei) e compositi conduttivi che utilizzano nanotubi come filler.	
15	ATECO 256100; CAP 10060
L'impresa 15 sviluppa tra le altre produzioni tecnologie al plasma e deposizioni per il trattamento superficiale di materiali di vario tipo: tessili (cotone, lana, sintetico), parti metalliche, introducendo modifiche nanodimensionate in modo da conferire proprietà di vario tipo alle superfici trattate.	

4 COMMENTI CONCLUSIVI: IL SISTEMA PIEMONTESE DELLE NANOTECNOLOGIE

Questo rapporto di ricerca riassume parte dei risultati del progetto “Le Nanotecnologie in Piemonte: studio per la creazione di un osservatorio operativo regionale”. In particolare vuole descrivere il sistema piemontese delle nanotecnologie e delle nanoscienze.

A questo scopo è bene premettere una serie di dati e di considerazioni di carattere più generale. Infatti il contesto regionale del Piemonte è quanto mai articolato e vasto anche per quanto riguarda il panorama dell'industria, così come quello della ricerca. Il Piemonte è una regione popolosa (4.375.865 abitanti al 2017) e relativamente ricca⁹. Il Prodotto Interno Lordo pro capite era nel 2016 di 29.487,7 € all'anno, contro una media nazionale di 27.718,8 €. Sotto questo punto di vista tuttavia è importante ricordare che il Prodotto Interno Lordo pro capite del Piemonte è il più basso del nord Italia. Per le altre Regioni infatti i valori sono i seguenti: Valle d'Aosta 34.949,0 €, Liguria 31.060,0 €, Lombardia 36.807,1 €, Trentino-Alto Adige 38.676,1 €, Veneto 31.730,4 €, Friuli-Venezia Giulia 30.322,1 €, Emilia-Romagna 34.602,0 €. Questo dato relativo al Prodotto Interno Lordo può essere letto in unione a quello relativo al numero delle imprese registrate sul territorio regionale. Queste erano 133.279 in 2017, ma erano 136.612 nel 2015. Questi valori indicano un calo del 2,4 % in due anni. Un tale valore può venir ritenuto fisiologico, ma impone comunque un minimo di attenzione alle problematiche dello sviluppo industriale e commerciale.

Altri dati importanti da considerare sono quelli relativi alla ricerca e alle imprese innovative. Per quanto riguarda il primo argomento possiamo riferirci alle unità di personale impiegate in questo ambito. In Piemonte il personale impiegato in attività di ricerca era nel 2016 di 40.654 unità (delle quali 30.001, il 73,8 %, erano impiegati in imprese del settore privato). Il totale per l'Italia era di 435.283, di cui 234.902 in imprese private (il 54 %). Quindi in Piemonte risulta impiegato nella ricerca lo 0,93 % della popolazione, mentre su tutto il territorio nazionale la percentuale era dello 0,72 %. La differenza è del 22,5 % a favore del Piemonte. Questi dati sono estremamente significativi. Innanzi tutto la percentuale di ricercatori sulla popolazione, nettamente più alta che nel resto d'Italia, mostra una attenzione alla ricerca scientifica e tecnologica superiore alla media nazionale. Inoltre il fatto che la percentuale di ricercatori nel settore privato

⁹ Questi dati e i seguenti sono presenti nella pagina web «I numeri del Piemonte» Annuario Statistico Regionale, <https://www.regione.piemonte.it/web/amministrazione/finanza-programmazione-statistica/statistica/numeri-piemonte-annuario-statistico-regionale> (link visitato a luglio 2019).

piemontese sia nettamente più alta di quella nazionale lascia pensare ad una certa proattività delle imprese nei confronti delle attività di R&D.

Un altro dato significativo è quello relativo alle start-up e alle PMI innovative registrate presso il Registro delle Imprese delle Camere di Commercio e del Ministero dello Sviluppo Economico¹⁰. Nell'elenco delle start-up innovative figurano nel 2019 534 imprese sul territorio piemontese, mentre il totale per l'Italia è di 10.178 start-up innovative. Di conseguenza risultano essere presenti in Piemonte una start-up innovativa ogni 8.194 abitanti, mentre se si guarda al valore nazionale questo è di una start-up ogni 5.942 abitanti. Per quanto riguarda le PMI Innovative quelle registrate per il Piemonte sono 93, mentre in Italia risultano esserne registrate 1.093. questo significa quindi che in Piemonte le imprese sono una ogni 47.052, mentre in Italia una ogni 55.337. Di conseguenza questi dati mostrano dei valori in controtendenza: in Piemonte le PMI Innovative sono mediamente più rispetto al resto d'Italia, mentre le start-up innovative sono meno.

In definitiva è possibile affermare in linea generale che i dati mostrano un contesto da un lato proattivo verso la Ricerca e lo Sviluppo ma dall'altro con qualche difficoltà: PIL pro capite più basso delle Regioni circostanti, numero di imprese in lieve decrescita, mentre le startup/PMI innovative sono molte ma il dato è dubbio rispetto a quello nazionale. In questo contesto è importante che le imprese provvedano ad innovare sia dal punto di vista del prodotto che da quello del processo¹¹.

L'analisi del sistema della ricerca NST regionale presenta un quadro quanto mai attivo e complesso. Tutti gli enti di ricerca presenti sul territorio (EPR ed Università) sono impegnati nelle varie aree di ricerca NST, come mostrato dalle tabelle sopra riportate. Le pubblicazioni scientifiche sono in crescita in ognuno degli enti e delle Università, pur ovviamente con le dovute differenze. Già le pubblicazioni mostrano un discreto *range* di argomenti scientifico-tecnologici trattati nell'ambito NST in Piemonte.

La brevettazione è meno diffusa, come è facile immaginare date le intrinseche difficoltà tecniche ed economiche legate alla presentazione e all'ottenimento di un brevetto. Inoltre il dataset scelto è abbastanza specifico. Tuttavia anche in questo caso il "sistema" piemontese NST è attivo sia per quanto riguarda le imprese (come è ovvio) sia per la ricerca.

Proprio la ricerca (principalmente pubblica, ma anche relativa ad alcuni importanti attori privati) è lo snodo focale delle NST piemontesi. La lunga disamina degli argomenti di ricerca seguiti dai ricercatori piemontesi si presta ad alcune considerazioni. La prima è quella relativa alla evidente proattività della ricerca piemontese nell'ambito delle NST, considerazione parallela a quella appena fatta a margine del commento sui dati bibliometrici. È però più importante notare che gli argomenti di ricerca NST sono quanto mai vari e diversificati tra loro. Conseguenza di questo fatto è che il bacino di imprese piemontesi che possono trovare a distanza relativamente breve collaborazioni scientifico-tecnologiche NST è potenzialmente molto vasto. La tabella 7 – che riassume e sintetizza le interviste ai ricercatori piemontesi - testimonia questa vastità di argomenti.

Questo risultato è senza dubbio il più significativo di questo studio. Deve inoltre essere letto in parallelo ad un altro dato: quello relativo ai codici ATECO del campione di imprese "nanotech" sopra descritto. La tabella 11 sintetizza il numero di imprese per ciascun ATECO, a cui è affiancata la descrizione. Esiste nel campione di imprese un significativo sbilanciamento verso i settori ATECO relativi alla Ricerca e sviluppo. Ben 6 imprese su 15 infatti sono registrate nel macrosettore 72 – Ricerca scientifica e sviluppo. Tuttavia è importante notare anche come le 15 imprese siano comunque distribuite in 10 diversi sottosettori ATECO di aree diverse. Diventa quindi evidente come probabilmente da entrambi i lati della (possibile) collaborazione ricerca-impresa sia presente una pluralità di offerte.

Al tempo stesso è necessario comunque essere realisti sulle possibilità attuali di trasferimento tecnologico che il "sistema NST piemontese" può permettere. Infatti è bene tenere presente

¹⁰ Vedi <http://startup.registroimprese.it/isin/home> (link visitato a luglio 2019).

¹¹ Per una descrizione dei vari tipi di innovazione si veda ad esempio "The UAE Innovation Guide for Companies towards UAE Vision 2021", http://www.economy.gov.ae/Publications/180207%20-UAE%20Innovation%20Guide_ENG-V12.pdf (link visitato a luglio 2019).

che il trasferimento tecnologico sottostà ad una serie di condizioni vincolanti ben conosciute nella letteratura scientifica sull'argomento. Queste possono venir sintetizzate nei classici problemi legati alla diversa modalità comunicativa e ai diversi obiettivi esistenti tra ricerca e impresa, e alle difficoltà da parte delle imprese nel trovare una giusta *partnership* in grado di fornire conoscenze e strumenti per risolvere problemi legati al proprio business o per sviluppare nuovi prodotti, processi o servizi.

Il progetto "Le Nanotecnologie in Piemonte: studio per la creazione di un osservatorio operativo regionale" si inserisce in questo panorama proprio per cercare di studiare strumenti atti a risolvere almeno parzialmente questi problemi. L'analisi presentata in questo rapporto di ricerca costituisce l'inquadramento dello *status quo*.

Tabella 11. Numero di imprese per codice ATECO nel campione nanotech

ATECO	DESCRIZIONE	N°
721909	R&S sperimentale nel campo delle altre scienze naturali e dell'ingegneria	4
303009	Fabbricazione di aeromobili, di veicoli spaziali e dei relativi dispositivi	2
721000	R&S sperimentale nel campo delle scienze naturali e dell'ingegneria	2
256100	Trattamento e rivestimento dei metalli	1
261109	Fabbricazione di altri componenti elettronici	1
289999	Fabbricazione di altre macchine ed attrezzature per impieghi speciali	1
325020	Fabbricazione di protesi dentarie	1
467620	Commercio di gomma e materie plastiche	1
712010	Collaudi e analisi tecniche di prodotti	1
749093	Altre attività di consulenza tecnica	1

5 BIBLIOGRAFIA

- Bertamino, F., Bronzini, R., Maggio, M. D., & Revelli, D. (2017). Regional policies for innovation: the case of technology districts in Italy. *Regional Studies*, 51(12), 1826–1839.
<https://doi.org/10.1080/00343404.2016.1255321>
- Bruneel, J., D'Este, P., & Salter, A. (2010). Investigating the factors that diminish the barriers to university–industry collaboration. *Research Policy*, 39(7), 858–868.
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.03.006>
- Finardi, U. (2019). Research topics in Nanotechnologies and Nanosciences: an analysis of Piedmont research system. *Working Paper IRCrES*, 2019(5), 1–36.
- Finardi, Ugo. (2013). Clustering Research, Education, and Entrepreneurship: Nanotech Innovation at MINATEC in Grenoble. *Research-Technology Management*, 56(1), 16–20.
<https://doi.org/10.5437/08956308X5601040>
- Finardi, Ugo. (2018b). Nanotechnology patenting in Piedmont: analysis and links with research and industrial environment in the Region. *Working Paper IRCrES*, 4(8/2018), 1–15.
<https://doi.org/10.23760/2421-7158.2018.008>
- Finardi, Ugo, & Breznitz, S. M. (2017). Factors affecting university commercialization: evidence from Italy. *Ekonomia: Revista Vasca de Economía*, (92), 222–245.
- Islam, N., & Miyazaki, K. (2010). An empirical analysis of nanotechnology research domains. *Technovation*, 30(4), 229–237. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2009.10.002>
- Rolfo, S., & Finardi, U. (2014). University Third mission in Italy: organization, faculty attitude and academic specialization. *The Journal of Technology Transfer*, 39(3), 472–486.
<https://doi.org/10.1007/s10961-012-9284-5>

Il ruolo della Grey Literature e della letteratura scientifica nella diffusione della conoscenza

Grey Literature and Scientific Literature in knowledge diffusion

GRETA FALAVIGNA

CNR-IRCrES, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile, via Real Collegio 30, Moncalieri (TO) – Italia.

corresponding author: greta.falavigna@ircres.cnr.it

ABSTRACT

In recent years, near to formal scientific literature, researchers have taken an interest in considering Grey Literature but... What is Grey Literature? This paper tries to discuss some issues on Grey Literature and its role in scientific research and knowledge diffusion. Starting from the concepts of *Grey Literature* and *Open Access*, the present study shows as Gray Literature could improve knowledge spillovers for both researchers and society. However, some weaknesses of this typology of research production are evident and the Academic institutions should be consider to improve the collection and the diffusion of these kind of research products. Indeed, recent trends of scientific research underline as academic e non-academic experts pay even more attention to informal literature because it represents seminal results of projects and, at the same time, specific type of outputs (e.g., blogs) conveys real sentiments or expressions of people. However, it is known that a reviewing process is necessary for considering these kinds of production as scientific because a validation check for correctness has been done.

Clearly, the possibility to publish on the internet even more typologies of documents improves the knowledge diffusion but, at the same time, it is also reasonable that it is not possible to consider all these products as scientific outputs. From this consideration, the hard work for next years would be trying to organize Grey Literature and define which part of them could be considered as “white” for the scientific society.

KEYWORDS: Grey Literature (GL), Letteratura scientifica, OpenAccess, Diffusione della conoscenza

JEL CODES: A39; B55; H41

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Falavigna, G. (2019). Il ruolo della Grey Literature e della letteratura scientifica nella diffusione della conoscenza. *Quaderni IRCrES-CNR*, 4(1), 45-58. <http://dx.doi.org/10.23760/2499-6661.2019.003>

-
- 1 Introduzione
 - 2 Letteratura scientifica, Open Access e Grey-Literature
 - 2.1 La *Gray Literature*: definizioni
 - 3 Canali di diffusione dei risultati della ricerca
 - 3.1 I repository della *Gray Literature*
 - 3.2 I motori di ricerca della produzione scientifica commerciale
 - 3.3 Le valutazioni dell' *Institute for Scientific Information (ISI)* e *Web of Science (WoS)*
 - 4 Chi produce la grey literature? Il ruolo del ricercatore nella diffusione della conoscenza
 - 5 Conclusioni
 - 6 Bibliografia
-

1 INTRODUZIONE

La disseminazione della conoscenza è stato negli ultimi anni uno degli argomenti più discussi, soprattutto in seguito all'avvento dell'era digitale.

In particolare, l'avvento di *Internet* e del *World Wide Web (www)* ha radicalmente modificato le modalità di accesso all'informazione, permettendo a un numero di persone sempre maggiore di essere informati.

Dal punto di vista della ricerca scientifica e dunque di documenti che rappresentano materiale per un bacino specifico di utenti, il progresso tecnologico ha permesso una maggiore produzione e raccolta di dati e di documenti che un tempo diventavano articoli o libri a stampa, poi conservati in biblioteche fisiche. Oggi, tutto quel materiale è, in larga parte, disponibile sulla rete internet e facilmente accessibile anche se molto spesso non gratuitamente. Lo sforzo che sta compiendo oggi il mondo della ricerca è quello di realizzare un numero sempre maggiore di pubblicazioni *Open Access* o almeno in modalità di lettura gratuita, rendendo dunque possibile l'utilizzo dei risultati della ricerca in modo più semplice e soprattutto non oneroso. Fino ad oggi, un ricercatore poteva decidere di pubblicare in *Open Access* su una rivista scientifica a fronte del pagamento di un corrispettivo che non sempre era in grado di sostenere. Se dunque da un lato l'avvento della tecnologia e della possibilità di consultare gratuitamente le riviste ha permesso una maggiore diffusione della conoscenza; dall'altro, interessi economici ancora fanno da filtro e rendono difficile per lo studioso aumentare la propria visibilità.

Tuttavia, è pur vero che le pubblicazioni in riviste scientifiche sono il prodotto di uno studio maturo dell'obiettivo di ricerca e che, prima di arrivare a tali risultati, vi sono differenti stadi che portano poi all'ottenimento di un prodotto scientifico di valore. È in questo specifico processo che diventa rilevante il ruolo della Letteratura Grigia (*Grey-Literature, GL*). Difatti, essa rappresenta tutta quella produzione di informazione/conoscenza informale prevalentemente divulgata attraverso canali a libero accesso. La possibilità di poter accedere gratuitamente ai differenti stadi della ricerca è utile non solo per la disseminazione della conoscenza tra studiosi dello stesso settore, ma anche come stimolo e facilitazione alla *cross-fertilizzazione* tra differenti discipline che è di cruciale rilevanza per essere in grado di ottenere risultati più conformi alla complessa realtà e per evitare che il lavoro dello studioso si concentri esclusivamente su specifici temi, senza considerare le ricadute che possono esserci in campi affini. Non solo, è necessario ricordare che la diffusione della conoscenza è assume un'importanza cruciale non solo in ambito accademico o prettamente di ricerca. Sarebbe infatti auspicabile allargare il potenziale bacino di persone che possono accedervi in modo tale che da un lato si comprenda meglio quale sia il lavoro del ricercatore e dall'altro lo studioso riesca a comprendere meglio quali sono le esigenze non solo di lettori accademici.

Il presente lavoro intende discutere il ruolo dell'*Open Access* e del rapporto che intercorre tra la pubblicazione attraverso canali formali della ricerca e la Letteratura Grigia quale strumento utile per la divulgazione e disseminazione dei risultati.

Nei prossimi paragrafi, dopo aver fornito una definizione più istituzionale di Letteratura Grigia, verranno analizzati i principali canali di diffusione delle risorse bibliografiche e il dibattito generato in ambito scientifico sulla valutazione della ricerca. Infine, saranno discusse alcune conclusioni sul tema oggetto del presente saggio.

2 LETTERATURA SCIENTIFICA, OPEN ACCESS E GREY-LITERATURE

La produzione scientifica deriva per la maggior parte dalla ricerca che viene effettuata da soggetti, chiamati appunto ricercatori che, dopo essersi posti una "domanda di ricerca", hanno ottenuto dei risultati in grado di influenzare la realtà o il lavoro di altri colleghi.

La nozione di ricerca scientifica affonda le sue radici nel lavoro di Galileo Galilei, nel famoso "Dialogo", nel quale lo scienziato nel 1632 fu in grado di definire un sistema di

regole, per l'appunto un "metodo", da seguire per arrivare a confutare un'ipotesi di ricerca. Da qual momento, fu chiaro che nella storia della scienza i risultati di queste "prassi" avrebbero acquisito una maggiore credibilità e iniziò a delinearsi il ruolo del ricercatore-scienziato e della ricerca scientifica. Quest'ultima dovrebbe essere liberamente accessibile a tutti per permettere così che i benefici derivanti siano massimizzati. Tuttavia, gli addetti ai lavori ben sanno che spesso i risultati degli studi sono pubblicati all'interno di riviste la cui fruizione è a pagamento e molto spesso prima che questi studi vengano effettivamente pubblicati passano anche parecchi mesi. È dunque sorto un animato dibattito sulla possibilità di rendere liberamente fruibili i lavori dei ricercatori attraverso l'*Open Access*. Questo movimento ha trovato pieno accoglimento nel mondo scientifico e accademico che ha dato vita a una dichiarazione nella quale viene fornita una definizione di ciò che è da considerare risorsa *Open Access*. La *Berlin Declaration on Open Access to Knowledge in the Sciences and Humanities*¹ è stata redatta in lingua inglese il 22 ottobre del 2003 e dopo aver osservato che la «disseminazione della conoscenza è incompleta se l'informazione non è resa largamente e prontamente disponibile alla società...» ha sancito la necessità di «sostenere nuove possibilità di disseminazione della conoscenza, non solo attraverso le modalità tradizionali ma anche e sempre più attraverso il paradigma dell'accesso aperto via *Internet*». In questo modo «l'accesso aperto» è stato definito «come una fonte estesa del sapere umano e del patrimonio culturale che siano stati validati dalla comunità scientifica».

Peter Suber filosofo e direttore dell'*Harvard Open Access Project* (HOAP) ha dunque definito l'*Open Access* come una pubblicazione «digitale, online, gratuita e libera da buona parte delle restrizioni dettate dalle licenze per i diritti di sfruttamento commerciale. Queste condizioni sono possibili grazie ad *Internet* e al consenso dell'autore o del titolare dei diritti d'autore» (Suber, 2012).

Tuttavia, ad oggi la maggior parte dei risultati della ricerca scientifica è pubblicata su canali commerciali standard e quindi non ad accesso libero. Le riviste scientifiche sulle quali i ricercatori pubblicano sono perlopiù non *Open Access* e quando lo sono nella maggior parte dei casi è perché il ricercatore ha pagato affinché il proprio contributo fosse ad accesso libero.

È necessario qui dire che i ricercatori sono fortemente influenzati nella scelta del tipo di pubblicazione da effettuare dalla valutazione del loro lavoro che avviene in base al tipo di rivista su cui i risultati della ricerca sono pubblicati. In particolare, ci riferiamo alla valutazione che viene effettuata quando il ricercatore partecipa a un concorso per progressione di carriera. È necessario sottolineare che quando un articolo viene sottomesso a una rivista per la pubblicazione, viene sottoposto a una valutazione da parte di esperti e molto spesso il tempo che intercorre tra la sottomissione del lavoro e l'eventuale accettazione può essere di parecchi mesi. Questo comporta dei ritardi temporali notevoli tra l'ottenimento del risultato e la sua disseminazione poiché non solo il processo editoriale è lungo ma anche quando la pubblicazione avviene non sempre è liberamente e gratuitamente accessibile. Quanto detto non deve incentivare il ricercatore a spostarsi sulla letteratura grigia bensì, dovrebbe da un lato incentivare il sistema editoriale delle pubblicazioni scientifiche a migliorare in termini di rapidità e dall'altro tutti gli istituti di ricerca dovrebbero creare delle collane editoriali nelle quali si possa pubblicare rapidamente. Tuttavia, questo ultimo tipo di pubblicazione ha spesso meno rilievo, se non nullo, nelle valutazioni sia concorsuali sia per l'abilitazione scientifica nazionale, entrambi obiettivi di rilievo per la carriera del ricercatore.

Per questo motivo, da qualche decennio si parla di un tipo di letteratura che sta nel mezzo, tra quella "bianca" (i.e., "*white*") dei circuiti commerciali, e quella "nera" ("*black*") completamente inaccessibile, una sorta di "meta-letteratura", che raccoglie molto spesso in anteprima i primi risultati che i ricercatori ottengono dalle loro analisi. Questi lavori vengono chiamati Letteratura Grigia (*Grey-Literature*).

¹ La Dichiarazione è stata tradotta in diverse lingue e si può scaricare dal sito <https://openaccess.mpg.de/Berlin-Declaration>

In questo paragrafo si cercherà di chiarire a cosa si faccia riferimento quando si parla di questo tipo di letteratura, soprattutto in relazione alla produzione scientifica presente nei canali commerciali e istituzionali.

2.1 La *Gray Literature*: definizioni

Uno dei problemi principali è la definizione della Letteratura Grigia in quanto dipende sia dal contesto di riferimento sia dai canali di diffusione.

È negli anni settanta del secolo scorso che inizia a comparire l'aggettivo "grigia" accanto a un certo tipo di letteratura e nasce in lingua tedesca (*Graue Literatur*). La traduzione anglofona, *Grey Literature*, risale al 1978 ed in particolare nell'ambito di un seminario tenutosi a York, in Gran Bretagna, durante il quale esperti di livello europeo si incontrarono per cercare di capire come organizzare al meglio l'accesso a quel particolare tipo di documentazione, tanto utile per la ricerca sebbene difficile da recuperare (Gibb e Phillips, 1979).

In particolare, già in precedenza l'Unione Europea aveva sostenuto la necessità di questo incontro proprio perché si era resa necessaria una sistematizzazione dei testi prodotti, soprattutto di quelli che non circolavano secondo i canali commerciali. Dall'incontro, emerse che la *Grey Literature* si riferisce a quella ampia e variegata gamma di "documenti non convenzionali" che non vengono diffusi attraverso gli abituali canali di pubblicazione commerciale e che quindi sono spesso difficilmente individuabili e accessibili (Metitieri e Ridi, giugno 2018).

Tuttavia, come è ragionevole pensare, i canali convenzionali sono oggi cambiati rispetto a quelli degli anni Settanta (si pensi anche solo allo sviluppo di *internet*) e dunque la definizione adottata in quegli anni è considerata piuttosto vaga ed inoltre non del tutto condivisibile (Sardelli, 1993). Per questo motivo, l'alternativa a una definizione così ampia è stata quella di costituire un elenco, il più completo possibile, dei documenti che possono rientrare in questa definizione.

È risultata dunque chiara agli studiosi la necessità di incontrarsi e aggiornare il concetto di *Grey Literature* attraverso incontri che sono diventati Congressi Internazionali sulla Letteratura Grigia, soprattutto in relazione al tema dell'*Open Access* che, come già definito, ha come obiettivo quello di dare libero accesso alle pubblicazioni. Nel 1997, durante il Congresso internazionale di Lussemburgo ed in seguito nel 2004 nel Congresso di New York, si convenne che una definizione possibile di Letteratura Grigia sarebbe potuta essere la seguente "informazione prodotta a livello governativo, accademico o industriale, in formato elettronico e cartaceo, non controllata dall'editoria commerciale, cioè da organismi o enti produttori la cui attività principale non sia quella editoriale" (Farace e Frantzen, 1998; 2004).

Le conferenze sulla *Grey Literature* (chiamate *GL conference*) hanno avuto inizio negli anni Novanta (la *GL-1* si tenne ad Amsterdam nel 1993) e hanno avuto sempre carattere internazionale. Venne stabilito infatti che questi incontri dovessero tenersi con frequenza inizialmente biennale (fino al 1999) e poi annuale (dal 2003 in poi) una volta in Europa e una volta nel Nord America. L'ultimo congresso (*GL-20*) ha avuto luogo all'inizio di dicembre 2018 in Louisiana ed è interessante notare che oggetto del convegno sono stati i dati utilizzati nella ricerca scientifica considerati anche essi come da un lato "carburante della ricerca" e dall'altro come parte della *Grey Literature*².

Il futuro convegno invece si terrà ad ottobre 2019 in Germania, ad Hannover per la precisione, e riguarderà la relazione esistente tra *Open Science* e *Grey Literature*³. Questo tema risulta particolarmente rilevante poiché si pone come obiettivo quello di chiarire se la Letteratura Grigia o quale parte di essa sia contenuta nella *Open Science*.

² La conferenza *GL-20* è stata così intitolata "*Research Data Fuels and Sustains Grey Literature*", <http://www.textrelease.com/gl20conference.html>

³ La conferenza *GL-21* porta il seguente titolo "*Open Science Encompasses New Forms of Grey Literature*", <http://www.textrelease.com/gl21conference.html>

Quest'ultima, secondo la *GreyNet International*⁴, può essere definita come “il movimento che rende la ricerca scientifica, i dati e la disseminazione dei risultati accessibile a tutti i livelli della società”⁵. Negli ultimi anni, il dibattito sulla necessità di definire unicamente che cosa si intenda con il sintagma *Open Science* ha acquisito una rilevanza sempre maggiore. In questa sede, faremo riferimento a quanto elaborato da Vicente-Saez e Martinez-Fuentes (2018) che effettuano una ricognizione della letteratura sul tema arrivando a formulare la seguente definizione “Open Science is transparent and accessible knowledge that is shared and developed through collaborative networks”. Tale considerazione concorda con quanto esposto nel sopraccitato manifesto della *GreyNet International* in cui si afferma inoltre l'importanza della Letteratura Grigia nella generazione della conoscenza da parte di ricercatori o più genericamente di autori che diffondono i risultati dei propri studi alla società. Inoltre, nello stesso documento si afferma che la *Open Science* ha cambiato il modo di fare ricerca e inevitabilmente oggi è possibile constatare che la *Grey Literature* può essere vista come un valido e rapido strumento per la diffusione della conoscenza (Woelfle et al., 2011). Invero è soprattutto attraverso il canale delle risorse *Open* che la letteratura grigia ha ottenuto una sempre maggiore divulgazione, apportando importanti informazioni non solo alla comunità scientifica ma all'intera collettività. Ciò non significa che il ricercatore si pone oggi l'obiettivo di pubblicare più letteratura grigia a discapito di articoli scientifici su riviste riconosciute ma la possibilità di diffondere liberamente online i risultati delle proprie ricerche è aumentata grazie alle innovazioni tecnologiche e pertanto anche il volume dei prodotti di letteratura grigia è incrementato. Rimane comunque valido che, soprattutto per alcune discipline, il processo di valutazione e successiva validazione dei risultati sia necessario poiché i risultati possono influenzare sensibilmente la vita delle persone (si pensi alla ricerca in campo medico o farmaceutico).

Se dunque è chiaro l'apporto della *Open Science* all'arricchimento culturale della società, la *GreyNet International*, sul proprio sito fornisce una definizione non troppo differente di Letteratura Grigia. In particolare, si afferma che la GL è un campo della biblioteconomia e della scienza dell'informazione che ha a che fare con la produzione, la distribuzione e l'accesso a molti tipi di documenti prodotti a tutti i livelli (i.e., governativi, accademici, di affari, organizzativi, economici, etc.) sia in formato elettronico sia in formato cartaceo e non controllati dai canali di pubblicazioni commerciali⁶.

A livello nazionale, l'organo referente per quanto concerne questo tipo di produzione scientifica è il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) che dedica una sezione della biblioteca alla Letteratura Grigia. Il progetto, chiamato “Letteratura Grigia Italiana *Open-Gray Network*”⁷ consiste nella gestione e nel continuo incremento di un *repository* contenente tutti i prodotti del CNR che vengono considerati in questi termini.

Tuttavia, riuscire a comprendere esattamente quali documenti possono essere considerati Letteratura Grigia non è attività così chiara ed infatti non esiste un elenco completo ed esaustivo. Sul sito *GreyNet*⁸ viene fornita una lista, aggiornabile, che descrive i principali documenti che possono essere considerati “grigi” e di alcuni di questi fornisce inoltre una descrizione sull'enciclopedia libera *wikipedia*. Pertanto, i principali documenti che rientrano nel seguente elenco sono rapporti scientifici e/o con tema tecnologico; testi presentati a convegni, seminari, tavole rotonde, conferenze (prolusioni, relazioni, comunicazioni, presentazioni e relativi *abstract*, atti integrali non diffusi su canali convenzionali); discorsi di

⁴ La *GreyNet International* o la *Grey Literature Network Service* è nata nel 1992 con l'obiettivo di facilitare il dialogo, la ricerca e la comunicazione tra persone e organizzazioni nell'ambito della *Grey Literature*. Si tratta inoltre della rete che si occupa di organizzare i convegni *GL* e di sistematizzarne i contributi.

⁵ La definizione originale in inglese è contenuta nel programma della GL-21 “Open science is defined as the movement to make scientific research, data and dissemination accessible to all levels of an inquiring society” (<http://www.textrelease.com/gl21conference.html>)

⁶ È possibile trovare la definizione in lingua inglese al seguente indirizzo *internet* <http://www.greynet.org/home/aboutgreynet.html>

⁷ Il sito in cui si trova la descrizione del progetto e il collegamento al *repository* è il seguente: <http://www.biblioteca.pz.cnr.it/index.php/letteratura-grigia-italiana-opengrey-network>

⁸ <http://www.greynet.org/greysourceindex/documenttypes.html>

autorità; bibliografie; statistiche e traduzioni (non pubblicate convenzionalmente); dispense per corsi universitari o seminari di formazione e aggiornamento professionale; tesi di laurea, dottorato, di specializzazione; pubblicazioni di istituzioni internazionali, nazionali e locali; testi prodotti da imprese private; linee guida; normativa tecnica; protocolli clinici; studi di fattibilità; etc. (Serini, 2003)

Da quanto esposto in questo paragrafo, si evince dunque quanto sia problematica la definizione univoca di Letteratura Grigia poiché è un concetto in perenne completamento e poiché è nato per dare un nome a tutto ciò che non poteva essere compreso in altre categorie. Questa è stata una esigenza sentita soprattutto dal mondo scientifico che si trova molto spesso nella condizione di produrre documenti che non riescono a rientrare nella categoria “pubblicazioni” scientifiche valutabili nei concorsi, ma che di fatto sono veri elaborati ricchi di contenuto. Per questi motivi, negli ultimi decenni i ricercatori hanno spesso trascurato questo tipo di disseminazione che invece, essendo *Open Access*, potrebbe efficacemente rispondere a uno dei ruoli principali del sistema scientifico e cioè quello di generare e soprattutto disseminare la conoscenza. La Letteratura Grigia è parte integrante del curriculum scientifico di un ricercatore/professore e viene valutata in modo discrezionale da parte della commissione in sede di concorso insieme agli altri titoli presentati nel curriculum. Tuttavia, se si considera la VQR o la valutazione per l’assegnazione delle ASN, la disseminazione dei risultati assume un valore decisamente inferiore se non nullo anche perché giustamente non sono documenti validati e controllati da un processo di revisione. Questo tipo di considerazione può portare il ricercatore a puntare soprattutto su articoli di tipo scientifico che aumentino la possibilità di un miglioramento della propria carriera a sfavore invece dei documenti di Letteratura Grigia che invece raggiungono rapidamente i lettori.

3 CANALI DI DIFFUSIONE DEI RISULTATI DELLA RICERCA

3.1 I repository della *Gray Literature*

Dove è dunque possibile consultare i risultati della ricerca scientifica?

Per rispondere a questo quesito è necessario chiarire che per la *Gray Literature* esistono dei referenti nazionali, come anticipato nel precedente paragrafo, i quali hanno il compito di mantenere un *repository* dei lavori cosiddetti “grigi”. Anche se nel mondo odierno del *World Wide Web* sembra molto semplice reperire documenti, soprattutto se non formali o se non diffusi attraverso i canali commerciali, risulta tuttavia difficile costruire un contenitore bibliografico completo poiché non è assolutamente scontato che tutti i documenti vengano inseriti nel *Web* e soprattutto indicizzati e quindi facilmente reperibili.

Per l’Italia è la biblioteca Centrale “G. Marconi” del CNR che si occupa di curare l’aggiornamento del *repository* europeo *OpenGray* (*System for Information on Grey Literature in Europe*)⁹. Questo strumento non è altro che un database che raccoglie tutti i contributi inerenti la *Gray Literature* prodotta in Europa.

Attualmente il *repository* europeo (consultabile liberamente al link <http://www.open-grey.eu/search/>, ricerca effettuata il 28/06/2019) raccoglie 1.014.873 risorse suddivise nelle seguenti tematiche (dalla più rappresentata a quella meno presente): medicina; scienze mediche e biologiche; Sociologia; Economia; Management, amministrazione e business; Farmacia e chimica; Scienze della formazione; Scienze politiche; Scienze umanistiche, psicologia e scienze sociali; Pianificazione urbana.

I tipi di documento rappresentati sono testi, report, lavori *work in progress*, *abstract* di conferenze più una categoria, tra l’altro quella maggiormente rappresentata, che raccoglie tutti gli altri tipi di risultati e che è stata chiamata “miscellanea”.

⁹ Si veda la pagina *web* della biblioteca del CNR per un approfondimento sui contenuti del *repository* <https://bice.cnr.it/letteratura-grigia>
Per il progetto “Letteratura grigia” del CNR si consulti il sito: <https://www.cnr.it/it/progetto-letteratura-grigia>

A livello linguistico, l'inglese è sicuramente la lingua più utilizzata, seguita dal francese, dal tedesco, dall'italiano, dallo spagnolo, dal ceco, dal lituano, dall'olandese, dal portoghese ed infine dal russo. Gli autori provengono in misura maggiore dalla Gran Bretagna, seguiti dai francesi, dai tedeschi e dagli italiani. Seguono russi, spagnoli, cechi, belgi, lituani, portoghesi, sloveni, tunisini, canadesi, brasiliani, rumeni, lussemburghesi, svizzeri e cinesi

A livello italiano, il Consiglio Nazionale delle Ricerche cura un *repository* chiamato "CNR-SOLAR" (*Scientific Open-access Literature Archive and Repository*)¹⁰ che raccoglie tutte le risorse ad accesso libero e pertanto sia pubblicazioni diffuse attraverso i canali commerciali ma per le quali esiste la licenza *OpenAccess* sia documenti che non rientrano nella precedente tipologia e pertanto può essere considerata Letteratura Grigia.

È chiaro che accanto al canale formale e ufficiale, esistono tutti i siti internet che diffondono statistiche o report o pubblicazioni di vario tipo che rappresentano risultati finali o anche intermedi di progetti di ricerca o analisi statistiche.

Un ulteriore strumento di ricerca di risorse bibliografiche è messo a disposizione dal colosso *Google* ed è *Scholar* che permette la creazione di liste di documenti trovati nel *web* attraverso l'inserimento di parole chiave. Questo motore di ricerca permette a chiunque di registrarsi e creare un proprio profilo, che può essere pubblico o privato, nel quale automaticamente vengono raccolte tutte le risorse bibliografiche che lo vedono come autore e che sono state immesse in rete, sia a titolo gratuito, sia a titolo oneroso. Laddove non vi siano vincoli, ma la risorsa sia completamente *open access*, sarà possibile scaricarla con molta semplicità.

L'utilizzo di *Scholar* da parte del ricercatore è decisamente rilevante poiché da un lato sintetizza i prodotti della ricerca (si noti infatti che *Scholar* non si limita a raccogliere articoli ma anche abstract, database, relazioni, etc.) e dall'altro restituisce per ogni risorsa il numero di citazioni. Inoltre per ogni profilo viene fornito il numero di citazioni totali, l'*H-index*¹¹ e l'*i10-index*¹². Tutti questi indicatori vengono calcolati considerando 5 e 10 anni precedenti la ricerca.

Molti autori hanno studiato il ruolo di *Scholar* nell'identificare la letteratura grigia ed in particolare Haddaway et al. (2015) hanno mostrato come nelle ricerche testuali effettuate, i contributi "grigi" siano circa il 19% (deviazione standard +/- 11%). La maggioranza dei contributi intercettati nel *web* da *Scholar* corrispondono a letteratura *white* e nell'articolo gli autori dimostrano come, per quanto sia uno dei motori più utilizzati per le ricerche bibliografiche accademiche, non sia affatto esaustivo nella restituzione dei risultati poiché i contributi "grigi" tendono a permanere nascosti in rete.

3.2 I motori di ricerca della produzione scientifica commerciale

Tuttavia, esistono altre numerose biblioteche digitali che però o sono tematiche oppure mostrano i risultati della ricerca che derivano dai canali commerciali.

PubMed per esempio è un motore di ricerca americano accessibile liberamente creato nel 1949. Le fonti analizzate appartengono al campo biomedico con particolare attenzione all'individuazione di informazioni biologiche, chimiche e mediche. Raccoglie oltre 24 mi-

¹⁰ Per maggiori informazioni sul *repository* CNR-SOLAR, si consulti il sito *web* <http://eprints.bice.rm.cnr.it/>

¹¹ L'*H-Index* misura la prolificità degli autori basandosi su quante volte è stato citato un articolo su altre riviste. Questo indicatore viene calcolato anche dalle principali banche dati che abbiamo brevemente descritto in questo lavoro. Tuttavia, non ci si dovrà sorprendere di trovare valori di *H-index* differenti tra una banca dati e un'altra poiché questo viene calcolato in base al repertorio di risorse a cui il *repository* fa riferimento. Ciò significa che per esempio l'*H-Index* che si ottiene attraverso *Google Scholar* è sempre maggiore o uguale a quello calcolato da *Thomson-Reuters* poiché in quest'ultima collezione sono raccolti solo i contributi di elevato livello scientifico documentato da *Impact Factor*.

¹² L'*i10-index* rappresenta il numero di pubblicazioni accademiche che un autore ha scritto e che hanno ricevuto almeno dieci citazioni.

lioni di riferimenti bibliografici derivati da circa 5.300 periodici biomedici e consente l'accesso a MEDLINE (*Medical Literature Analysis and Retrieval System*). Rispetto a quest'ultimo, *PubMed* è arricchito da riferimenti provenienti da altri database bibliografici secondari specializzati su specifici settori.

Le riviste raccolte all'interno di questo database devono rispettare alcuni requisiti qualitativi ma diversamente dalla maggior parte dei motori di ricerca, non fornisce indicatori citazionali.

Scopus è una banca dati il cui accesso è a pagamento e avviene attraverso la piattaforma SciVerse dell'editore Elsevier. Gli ambiti scientifici di riferimento sono tecnologico, biomedico e delle scienze sociali. Il database è formato da più di 5000 editori internazionali, 435 milioni di pagine web a carattere scientifico; 23 milioni di brevetti depositati, oltre 80 fonti selezionate da varie istituzioni che comprendono archivi digitali e collezioni relative a specifici argomenti. Anche in questo caso, le riviste per essere indicizzate su *Scopus* devono rispettare alcuni requisiti qualitativi. L'accesso alla banca dati può avvenire previo pagamento di una sottoscrizione, diversamente sono solo consultabili i profili dei singoli autori con il relativo *H-index*. È necessario tuttavia sottolineare che in questa banca dati non si troverà mai alcun contributo "grigio" poiché i requisiti richiesti alle riviste per l'indicizzazione comprendono il possesso di un *Impact Factor*, cioè di uno *score* che indica quanto la rivista è diffusa e letta dalla rete scientifica.

3.3 Le valutazioni dell'*Institute for Scientific Information* (ISI) e *Web of Science* (WoS)

L'*Institute for Scientific Information* fu fondato nel 1960 da Eugene Garfield e nel 1992 fu acquistato dalla Thomson Scientific & Healthcare, divenendo noto come *Thomson ISI – Web of Science* (WoS).

L'idea rivoluzionaria della banca dati dell'ISI è stata di raccogliere un repertorio delle pubblicazioni scientifiche includendo per ogni lavoro preso in esame l'elenco dei lavori citati. In questo modo risulta facilitata la ricerca bibliografica che a partire da un lavoro del passato può essere perfezionata con l'identificazione di lavori recenti che ne sviluppano i risultati.

Per facilitare questo processo ISI ha definito un indice aggiornato delle citazioni scientifiche inteso come strumento utile a seguire gli sviluppi di una problematica o di un settore specifico di una disciplina. Quest'idea ha portato alla creazione di un archivio elettronico delle citazioni che è stato denominato appunto "*Science Citation Index*" (SCI).

Anche in questo caso, le riviste che intendano essere incluse del database, devono rispettare alcuni standard qualitativi.

L'*impact factor* (IF)¹³ è un indice qualitativo e permette di individuare il prestigio di una rivista. Misura il livello della ricerca scientifica su scala nazionale ed internazionale e delle pubblicazioni scientifiche. È una misura del numero di citazioni dei lavori pubblicati in una certa rivista rispetto al numero totale di lavori pubblicati dallo stesso giornale negli anni precedenti. È l'indicatore bibliometrico più conosciuto benché non sia il solo strumento di valutazione proposto dall'ISI a cui fare riferimento.

La banca dati creata dall'ISI prende in considerazione tutte, o quasi tutte, le riviste, disponibili nelle maggiori biblioteche scientifiche americane. Di queste riviste sono rilevati tutti gli articoli. Sono incluse anche le riviste canadesi, e quelle dei principali paesi di lingua inglese (Gran Bretagna, Irlanda, Australia.) Inoltre sono comprese alcune riviste nazionali e giapponesi. Per molti decenni il *Science Citation Index* e il relativo *impact factor* è stato considerato lo strumento principale per la misurazione delle citazioni.

Tuttavia, potremmo chiederci perché sia importante considerare l'*impact factor* nell'ambito della Letteratura Grigia.

¹³ Per il calcolo di questo indicatore si rimanda al glossario di Thomson-Reuters <http://ipsience-help.thomson-reuters.com/incitesLiveJCR/glossaryAZgroup/g8/4346-TRS.html>

La risposta è molto semplice, per anni l'*impact factor* è stato considerato quale metro di valutazione delle riviste, e conseguentemente delle pubblicazioni scientifiche; pertanto demarcava un confine tra quella che era considerata ricerca scientifica e produzione grigia.

Nei concorsi universitari o presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche, il punteggio assegnato a un articolo pubblicato in una rivista con *impact factor* era decisamente superiore rispetto ad altre pubblicazioni. Ovviamente questo ha prodotto una distorsione nella produzione scientifica che ha puntato in maniera sempre più consistente sulla definizione di documenti adatti alla pubblicazione su riviste ISI ma non accessibili da tutto il web, poiché la consultazione della maggioranza delle riviste che possiede *impact factor* (e non solo) è a pagamento.

Nonostante quanto appena esposto, si consideri che, negli ultimi anni, la letteratura scientifica ha evidenziato alcune carenze di questo indicatore dovute per esempio al fatto che non sempre la selezione delle riviste che rientrano nel database è effettuata secondo criteri che si basano sulla validità dei contenuti reali del giornale, oppure alle difficoltà che si incontrano quando si vogliono confrontare più discipline. L'*impact-factor*, che è l'indicatore calcolato da ISI per misurare la qualità scientifica della rivista, dipende infatti dal numero di citazioni che è maggiore in alcuni campi di ricerca, come quello medico, rispetto ad altri, per esempio quello economico o sociale.¹⁴

Negli ultimi anni, soprattutto per alcuni settori scientifico-disciplinari si è maggiormente diffuso il concetto che la validità di un lavoro è dato da quanto è stato citato e non da dove è stato pubblicato. Pertanto, oggi è diventato rilevante ai fini scientifici non solo pubblicare su una rivista indicizzata, ma altresì verificare che il proprio lavoro sia letto e citato da altri ricercatori. Difatti il numero di citazioni viene riconosciuto come un metodo per quantificare l'impatto delle pubblicazioni o talvolta della qualità stessa della ricerca (Aksnes et al., 2019). A questo proposito è necessario comunque ricordare che nel calcolo delle citazioni in ambito di valutazione della ricerca viene considerato prevalentemente quanto riportato da *Scopus* che considera solo le riviste indicizzate oppure quanto emerge da un processo di *peer-review*. Infatti, motori *free* come *Scholar* presentano numerose debolezze e incorrettezze (Gusenbauer, 2019). Il ricercatore deve dunque rivolgere la sua attenzione sia a pubblicare su riviste indicizzate, sia a fare in modo che i propri lavori vengano diffusi e letti poiché numero di citazioni e H-Index sono due indicatori che, al di là della valutazione della ricerca scientifica, vengono valutati quando si risponde a bandi di finanziamento sia nazionali sia europei.

Per quanto concerne la valutazione della ricerca scientifica universitaria in Italia, l'organo che se ne occupa è l'ANVUR (i.e., Agenzia Nazionale di Valutazione del sistema nazionale Universitario e della Ricerca)¹⁵ che è stato istituito nel 2006 con la legge 286.

La creazione di questo istituto ha in parte modificato e allo stesso tempo definito delle regole a cui attenersi nell'ambito della valutazione della ricerca. È chiaro che queste linee guida hanno influenzato i ricercatori nella scelta degli output della ricerca. Se prima della nascita di questo sistema della valutazione della ricerca, la quasi totalità della comunità scientifica puntava prevalentemente a scegliere riviste indicizzate su *Scopus* e quindi con l'assegnazione di *Impact factor*, da quel momento, sono divenute maggiormente rilevanti le riviste identificate come più meritevoli dall'ANVUR.

L'ANVUR ha infatti stabilito una prima distinzione tra i settori scientifico-disciplinari: tra quelli "non-bibliometrici" (si veda l'elenco alla pagina <https://www.anvur.it/attivita/vqr/vqr-2011-2014/gev/>) e quelli "bibliometrici". Per i primi, i criteri di valutazione, sia per quanto concerne la Valutazione della Qualità della Ricerca (VQR), sia relativamente all'assegnazione dell'Abilitazione Scientifica Nazionale (ASN) necessario per l'accesso ai concorsi da professore di prima o seconda fascia, sono state definite delle liste di riviste suddivise in classi in base alla rilevanza del giornale per il settore scientifico-disciplinare

¹⁴ Per una rassegna dei problemi legati all'*impact factor* si vedano a titolo esemplificativo Figà-Talamanca (2007) e Saha et al. (2003).

¹⁵ Per approfondimenti sull'ANVUR e sulle liste di riviste aggiornate, si consulti il sito: <https://www.anvur.it/attivita/classificazione-delle-riviste/#>

considerato. In queste nuove liste, che vengono aggiornate periodicamente, rientrano le riviste che esperti del campo scientifico di riferimento, il cosiddetto Gruppo degli Esperti Valutator (GEV) per quanto concerne la VQR, ritengono migliori sia per la serietà dei lavori contenuti, sia per la diffusione stessa del giornale. Inoltre è possibile ritrovare sia riviste a pagamento sia *Open Access*.

È necessario tuttavia sottolineare che in queste liste non si trovano mai pubblicazioni “grigie” poiché queste ultime hanno un carattere non scientifico ma divulgativo. Inoltre, i prodotti della *Grey Literature* non sono sottoposti a un processo di controllo (referaggio) e pertanto il contenuto potrebbe riportare teorie, metodi e conclusioni non corrette e non rappresentative di un maturo lavoro di ricerca scientifica.

4 CHI PRODUCE LA GREY LITERATURE? IL RUOLO DEL RICERCATORE NELLA DIFFUSIONE DELLA CONOSCENZA

Nel paragrafo 3 sono stati riportati alcuni dati sul *repository* europeo evidenziando alcune caratteristiche dei documenti raccolti.

Tuttavia, è necessario chiedersi chi siano gli autori di tali documenti poiché la Letteratura Grigia, quale meta-risultato della ricerca scientifica, può accelerare sia la produzione sia la diffusione di conoscenza.

In generale, tutti possono *in potenza* essere autori di documenti, ma diventa fondamentale che soprattutto coloro che per lavoro dovrebbero avere come obiettivo quello di aumentare e migliorare lo stato della conoscenza, siano incentivati a diffondere i risultati della propria ricerca, anche attraverso canali non formali o commerciali.

I ricercatori si comportano come agenti economici razionali e cercano pertanto di massimizzare la propria utilità che, nella maggior parte di casi, si identifica con il superamento di un concorso che migliori la propria posizione lavorativa e retributiva. Tuttavia, è necessario sottolineare che il ricercatore non è interessato esclusivamente al lato economico delle progressioni di carriera, anche perché in taluni casi, l’anzianità di servizio in un ruolo fa sì che si guadagni di più che accedendo a una posizione superiore¹⁶. Pertanto, pur non volendo sottovalutare l’aspetto economico, molto spesso si tratta di gratificazione personale nel veder riconosciuto il proprio lavoro dalla comunità scientifica. Certamente, l’avanzamento di grado nei concorsi non sempre si accompagna al riconoscimento di una maggiore visibilità o reputazione dal mondo della ricerca, ma resta il fatto che è uno dei modi per poter segnalare al mondo lavorativo circostante che l’impegno nel proprio lavoro è stato formalmente riconosciuto. Quanto detto è dimostrato anche dal sempre maggior numero di *social network* nati per condividere la propria posizione lavorativa, i propri interessi di ricerca e, non ultimi, i risultati dei propri studi alla comunità scientifica in modo più rapido e semplice, aumentando la propria visibilità e reputazione (Cervi et al., 2013)¹⁷. Per quanto l’aspetto economico non sia secondario (Goel e Göktepe-Hultén, 2019), il concetto di utilità per il ricercatore deve essere ravvisato soprattutto nel riuscire ad acquisire una migliore reputazione riconosciuta dalla comunità scientifica, cosa che accade sia attraverso la produzione scientifica sia attraverso la Letteratura Grigia.

La precedente considerazione pone quindi il ricercatore ad avere due obiettivi che gli consentono di massimizzare la sua utilità: da un lato pubblicare in riviste riconosciute dal mondo scientifico e che gli consentono di superare concorsi e acquisire titoli accademici; dall’altro aumentare il numero delle proprie citazioni, producendo un sempre maggior numero di lavori, anche associabili alla Letteratura Grigia. È necessario tuttavia sottolineare che una parte di questo tipo di produzione, anche per il fatto di non essere controllata, rischia di non essere citata come quella invece formalmente riconosciuta come scientificamente valida. Pertanto, il ricercatore produce letteratura grigia, che gli permette di avere una visibilità maggiore, ma rischia di sottrarre tempo ad una produzione che invece viene

¹⁶ Nel caso del Consiglio Nazionale delle Ricerche, un ricercatore arrivato al massimo dell’anzianità, percepisce di più di un primo ricercatore al primo anno di contratto.

¹⁷ Si consideri tuttavia che la reputazione costruita attraverso i *social networks* è non privo di contestazioni, si vedano per esempio i lavori di Kraker e Lex (2015) oppure Kjellberg e Haider (2019).

considerata nei concorsi. Si pensi per esempio ai rapporti di ricerca che derivano da progetti regionali o nazionali: la redazione di questi documenti richiede tempo e ovviamente sforzo che alla fine si concretizzano in *report* che scientificamente hanno poco valore. D'altra parte è vero che sono questi tipi di prodotti che spesso possono aiutare il ricercatore a vincere finanziamenti e quindi migliorare la propria reputazione (Falavigna e Manello, 2013).

Numerosi studiosi hanno analizzato più approfonditamente il problema della valutazione della ricerca scientifica, soprattutto in relazione alle risorse che non sono considerate tali, si veda, ad esempio, il lavoro di Roth (2010) in cui vengono analizzati punti di forza e di debolezza della Letteratura Grigia rispetto alla produzione accademica e la necessità di utilizzare anche i meta-documenti nell'attività di ricerca. Il problema diventa particolarmente rilevante in quelle discipline in cui i metadati o risultati intermedi hanno una forma non accademica, come per esempio accade con i *reportage* prodotti in campo archeologico (Aitchison, 2010). Le stesse considerazioni vengono effettuate da numerosi studiosi in campo medico che ovviamente producono un notevole ammontare di materiale prima di arrivare a risultati scientifici conclusivi. È questo il caso dello studio di Pappas and Williams (2011) nel quale gli autori sottolineano la necessità di una maggiore circolazione della letteratura grigia perché disegna i passi da percorrere per arrivare a risultati scientifici accertati e riconosciuti, oltre a mostrare dei meta-risultati che possono essere utili per ricerche collaterali.

Per tutti questi motivi, i maggiori responsabili della disseminazione della conoscenza, paiono concordi nel voler individuare una nuova definizione in grado di raccogliere sia i contributi "grigi", sia quelli "bianchi". In particolare, si parla di *Multivocal Literature Review* (Garousi et al., 2019) che dagli autori viene definita come una forma di *Systematic Literature Review (SLR)* che include sia la Letteratura Grigia (e.g., post dai blog, video, *white papers*) sia la letteratura formale pubblicata attraverso i canali commerciali (e.g., articoli di convegni e contributi accettati su riviste scientificamente riconosciute). In questo modo, il duplice obiettivo degli studiosi sarebbe raggiunto: da un lato veder diffusi i risultati di ogni stadio della propria ricerca; dall'altro veder altresì disseminato il risultato finale, completo e validato dalla comunità scientifica.

5 CONCLUSIONI

All'interno di questo contributo, si è trattato un argomento piuttosto discusso in ambito accademico e cioè quello della produzione di un insieme di prodotti della ricerca che non trovano adeguata valutazione sia ai fini concorsuali sia come base per lavori di studio veri e propri.

Dopo aver definito cosa sia la letteratura grigia, una descrizione dei canali istituzionali e ufficiali nonché dei *repository* più conosciuti di letteratura scientifica e di *Grey Literature* è stata illustrata con l'obiettivo di chiarire quale sia il confine tra i documenti "grigi" e quelli "bianchi".

Certamente l'obiezione maggiore che viene proposta all'utilizzo e alla validità della *Grey Literature* è la mancanza di un processo di validazione di prodotti della ricerca. Difatti, i meta-prodotti "grigi" sono inseriti nel *web* e resi disponibili a un grande pubblico senza aver prima passato un primo *step* di controllo, situazione che potrebbe portare a basare le proprie ricerche partendo da lavori non verificati ed eventualmente non solidi dal punto di vista scientifico.

L'esigenza dunque di rendere la Letteratura Grigia accreditata anche al mondo scientifico è sentita al punto da diventare uno dei temi del prossimo convegno, il "*Twenty-First International Conference on Grey Literature*"¹⁸ che propone come uno dei principali argomenti la discussione delle nuove forme di Letteratura Grigia. Uno dei *topic* proposti dalla *call for paper* del convegno si intitola "*Publishing Grey Literature opens up the Review*

¹⁸ Il sito del convegno è il seguente: <http://www.textrelease.com/gl21conference.html>

Process”, sottolineando la necessità che questa tipologia di meta-prodotti assuma un’importanza strategica nel lavoro dei ricercatori.

Una volta riconosciuta la rilevanza della *Grey Literature*, uno sforzo maggiore sarà impiegato nel creare dei motori di ricerca in grado di “pescare” non solo dalle banche dati delle riviste riconosciute dal mondo accademico, ma anche dai documenti presenti sui siti internet non convenzionali per il mondo scientifico. Difatti, come è stato sottolineato nel precedente paragrafo, le ricerche effettuate su *Scholar* non riescono a collezionare un numero esaustivo di risultati relativi a prodotti “grigi” e quando lo fanno, queste risorse compaiono nelle ultime pagine e mai nelle prime.

Un aspetto particolarmente interessante è che recenti contributi di revisione della letteratura si basano sulla letteratura grigia (e.g., Bridges et al., 2019; Cullerton et al., 2019; Piggott-McKellar, 2019). Possiamo trovare diverse spiegazioni a questa tendenza: per esempio, consultare risorse dagli editori commerciali (Elsevier, Springer, etc.) è costoso e le politiche delle università e degli enti pubblici di ricerca è sempre più quello di razionalizzare le risorse economiche rendendo a volte difficile reperire alcune articoli pubblicati in riviste particolarmente costose. Non solo, per esempio si potrebbe voler valutare i differenti punti di vista che emergono da tipi di prodotti differenti. Possiamo infatti facilmente immaginare come da alcuni tipi di documento si ottengano delle informazioni e delle opinioni rispetto a uno specifico argomento differenti da quelli che si otterrebbero consultando un articolo pubblicato su un *peer-reviewed journal* edito da Elsevier.

Ciò che emerge dunque fortemente è proprio la necessità di fare chiarezza non tanto su cosa sia la *Grey Literature*, poiché, per definizione, è tutto ciò che viene liberamente prodotto e messo a disposizione gratuitamente ma riuscire a stabilire dei metodi per una corretta valutazione in modo che possa entrare nel circolo della creazione della conoscenza incentivando maggiormente gli studiosi a produrne e a farla circolare. Ovviamente i ricercatori sono i maggiori produttori di questo tipo di meta-risultato ma non sono i soli e pertanto è necessario anche capire come raccogliere tutti i contributi che la società è pronta a generare, soprattutto considerando i nuovi modi di “fare letteratura”, così come sottolineato anche dal tema della conferenza della *GreyNet* di quest’anno.

Certamente sarebbe utile se a livello istituzionale, università e enti pubblici di ricerca unissero le forze nel costruire un *repository* di tutti i prodotti della ricerca che non sono pubblicati o diffusi attraverso i canali formali. Questo consentirebbe da un lato di rendere disponibile semplicemente, ma in modo organizzato, la produzione dei ricercatori e allo stesso tempo permetterebbe agli studiosi stessi di rendere visibili anche prodotti che diversamente non lo sarebbero o che lo sarebbero ma attraverso canali non riconosciuti. In questo senso il *repository* a cui si è fatto riferimento nel paragrafo 2.1 elaborato dal CNR avrebbe potuto essere un buon inizio, ma è chiaro che l’Ente di ricerca dovrebbe farsi carico della sua gestione e aggiornamento.

L’obiettivo principale che una società dovrebbe avere è rendere i suoi cittadini consapevoli e istruiti attraverso tutti gli strumenti disponibili e utili a diffondere la conoscenza, purché siano portatori di verità. Pertanto, la strada imboccata e da percorrere senza esitare sarà quella di creare degli strumenti di analisi della *Grey Literature* che ne validino il contenuto in modo che possa essere utilizzata per diffondere facilmente conoscenza nella società.

6 BIBLIOGRAFIA

- Aksnes, D. W., Langfeldt, L., & Wouters, P. (2019). Citations, citation indicators, and research quality: An overview of basic concepts and theories. *SAGE Open*, 9(1), 2158244019829575.
- Aitchison, K. (2010). Grey literature, academic engagement, and preservation by understanding. *Archaeologies*, 6(2), 289-300.
- Bridges, C. N., Prochnow, T. M., Wilkins, E. C., Porter, K. M. P., & Meyer, M. R. U. (2019). Examining the implementation of play streets: a systematic review of the grey literature. *Journal of public health management and practice*.

- Cervi, C. R., Galante, R., & de Oliveira, J. P. M. (2013, December). Comparing the reputation of researchers using a profile model and scientific metrics. In 2013 IEEE 16th International Conference on Computational Science and Engineering (pp. 353-359). IEEE.
- Cullerton, K., Adams, J., Forouhi, N., Francis, O., & White, M. (2019). What principles should guide interactions between population health researchers and the food industry? Systematic scoping review of peer-reviewed and grey literature. *Obesity Reviews*.
- Falavigna, G., & Manello, A. (2013). External funding, efficiency and productivity growth in public research: the case of the Italian National Research Council. *Research Evaluation*, 23(1), 33-47.
- Farace, D. J., & Frantzen, J. (1998). GL'97 Conference Proceedings: Third International Conference on Grey Literature: Perspectives on the design and transfer of scientific and technical information, Luxembourg DGXIII, November 13-14, 1997.-Grey Literature Network Service.-Amsterdam: GreyNet/TransAtlantic, March 1998. X, 294 p.; 30 cm.-(GL-conference series, Conference proceedings, ISSN 1386-2316; No. 3). ISBN 90-74854-17-6.
- Farace, D. J., & Frantzen, J. (2004, December). Sixth international conference on grey literature: work on grey in progress. In *Grey literature 2004 conference proceedings*. Amsterdam: TextRelease.
- Figà-Talamanca Alessandro, 2007. "Strengths and weaknesses of citation indices and impact factors", *Quality Assessment for Higher Education*, pp: 83-88.
- Garousi, V., Felderer, M., & Mäntylä, M. V. (2019). Guidelines for including grey literature and conducting multivocal literature reviews in software engineering. *Information and Software Technology*, 106, 101-121.
- Gibb, J. M., & Phillips, E. (1979). Prospettive migliori per la letteratura grigia o non convenzionale. *Bollettino d'informazioni AIB*, 19, 115-21.
- Goel, R. K., & Göktepe-Hultén, D. (2019). Drivers of innovation productivity of academic researchers through career advancement. *The Journal of Technology Transfer*, 1-16.
- Gusenbauer, M. (2019). Google Scholar to overshadow them all? Comparing the sizes of 12 academic search engines and bibliographic databases. *Scientometrics*, 118(1), 177-214.
- Haddaway NR, Collins AM, Coughlin D, Kirk S (2015) The Role of Google Scholar in Evidence Reviews and Its Applicability to Grey Literature Searching. *PLOS ONE* 10(9): e0138237. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138237>
- Hess, C., & Ostrom, E. (Eds.). (2009). *La conoscenza come bene comune: dalla teoria alla pratica*. B. Mondadori.
- Kjellberg, S., & Haider, J. (2019). Researchers' online visibility: Tensions of visibility, trust and reputation. *Online information review*, 43(3), 426-439.
- Kraker, P., & Lex, E. (2015, June). A critical look at the ResearchGate score as a measure of scientific reputation. In *Proceedings of the quantifying and analysing scholarly communication on the web workshop (ASCW'15)*, Web Science conference.
- Mankiw, N. G., & Taylor, M. P. (2018). *Principi di economia*. Zanichelli.
- Metitieri F. & Ridi R., (giugno 2018), *Banche dai: archivi e host computer in internet (cap.10)*, in *Parte terza – Oltre i cataloghi: testi e banche dati*, Biblioteche in rete Istruzioni per l'uso, https://www.laterza.it/bibliotecheinrete/Cap10/Cap10_10.htm
- Pappas, C., & Williams, I. (2011). Grey literature: its emerging importance. *Journal of Hospital Librarianship*, 11(3), 228-234.
- Piggott-McKellar, A. E., McNamara, K. E., Nunn, P. D., & Watson, J. E. (2019). What are the barriers to successful community-based climate change adaptation? A review of grey literature. *Local Environment*, 1-17.
- Roth, B. J. (2010). An academic perspective on grey literature. *Archaeologies*, 6(2), 337-345.
- Saha Somnath, Sanjay Saint e Christakis Dimitri A., 2003. "Impact factor: a valid measure of journal quality?", *Journal of the Medical Library Association*, vol. 91, n. 1, pp: 42.

- Sardelli A. (1993). Per un archivio nazionale della letteratura non convenzionale. In *La letteratura grigia*. Convegno nazionale (pp. 156-162).
- Serini, P. (2003). Attualità della letteratura grigia. *Biblioteche oggi*, 21(1), 61-73.
- Suber, P. (2012). *Open access*. Cambridge, Mass: MIT Press. [Updates and Supplements: [http://cyber.law.harvard.edu/hoap/Open_Access_\(the_book\)](http://cyber.law.harvard.edu/hoap/Open_Access_(the_book))]
- Vicente-Sáez, R., & Martínez-Fuentes, C. (2018). Open Science now: A systematic literature review for an integrated definition. *Journal of business research*, 88, 428-436.
- Woelfle, M., Olliaro, P., & Todd, M. H. (2011). Open science is a research accelerator. *Nature Chemistry*, 3(10), 745.

A tavola nei convitti borbonici: cibo, istruzione e potere costituito (1816-1860)

Eating in Bourbon hostels: food, education and established power

MAURIZIO LUPO^a e TOMMASO RUSSO

^aCNR-IRCrES, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile, Moncalieri (TO) – Italia

^aCNR-ISMed, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Studi sul Mediterraneo, Napoli – Italia

corresponding author: maurizio.lupo@ismed.cnr.it

ABSTRACT

The aim of this article, that contains the first results of a research project about the food consumption in the higher educational institutes in the Kingdom of the Two Sicilies, is almost precise and circumscribed: to establish *what, how much, how* and *why* the students ate in the hostels that were annexed to the male higher education schools. The presentation is divided in three parts: the first one recapitulates the history and the main characteristics of these schools; in the second part we try to answer to our questions; the third and last part suggests some proposals for further and more detailed studies.

KEYWORDS: Education, food, constituted power.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Lupo, M. e Russo T. (2019). A tavola nei convitti borbonici: cibo, istruzione e potere costituito (1816-1860). *Quaderni IRCrES*, 4(1), 59-65. <http://dx.doi.org/10.23760/2499-6661.2019.004>

- 1 Premessa
- 2 I Reali Collegi e Licei borbonici: storia, organizzazione, finalità
- 3 I Convitti: cosa, quanto, come e perché si mangiava
- 4 La prosecuzione della ricerca: ipotesi di lavoro
- 5 Riferimenti

1 PREMESSA

L'obiettivo del presente articolo, che anticipa e sintetizza i primi risultati di una ricerca tuttora in corso sui consumi alimentari nelle istituzioni educative del Mezzogiorno preunitario, è molto preciso e circoscritto: stabilire *cosa, quanto, come e perché* si mangiava nei Convitti annessi ai Reali Collegi e Licei borbonici, ossia gli istituti scolastici pubblici che nel Regno delle Due Sicilie si occupavano dell'istruzione superiore maschile. L'esposizione è suddivisa in tre parti: la prima presenta gli istituti in questione, riassumendone la storia e illustrandone alcune caratteristiche essenziali ai fini del nostro discorso; nella seconda parte entriamo nel merito degli interrogativi che ci interessano; la terza e ultima parte propone delle ipotesi per ulteriori approfondimenti.

2 I REALI COLLEGI E LICEI BORBONICI: STORIA, ORGANIZZAZIONE, FINALITÀ

Dopo l'espulsione dei Gesuiti, avvenuta nel 1767, lo Stato borbonico si assunse il compito di provvedere all'istruzione superiore, sino ad allora prerogativa della Compagnia di Gesù. Nacquero così le cosiddette *Scuole Regie*, le quali, suddivise in *Maggiori* e *Minori*, presero il posto dei soppressi Collegi Gesuitici. Le *Scuole Regie*, che peraltro ebbero vita piuttosto incerta, furono riformate nel periodo napoleonico (1806-1814), ottenendo un nuovo assetto, sia amministrativo che didattico, la promessa di un congruo finanziamento governativo, pari a circa 6.000 ducati annui, e la nuova denominazione di Collegi e Licei. Nei primi, il cui numero non fu precisato, si insegnavano solo le materie di base: grammatica, retorica, filosofia e matematica. Per i Licei, invece, 17 in totale, fu previsto un ordinamento didattico più ampio e articolato, soprattutto perché, come vedremo tra breve, l'intenzione era che ciascuno di essi funzionasse come una piccola sede universitaria di provincia. Gli studenti vennero distinti in *esterni*, che frequentavano gratuitamente le lezioni, e *convittori*, stabilmente ospitati nei Convitti, cui si accedeva pagando una retta, oppure grazie ad una borsa di studio, la cosiddetta *piazza franca*, concessa a discrezione del Sovrano (Lupo 2005, 64–65; 2012a, 535–578; 2012b, 159–180).

La riforma napoleonica fu attuata assai parzialmente perché il perdurante stato di guerra, da un lato, e le connesse difficoltà finanziarie, dall'altro, impedirono l'apertura e il buon funzionamento di gran parte dei nuovi istituti. Toccò quindi al restaurato governo borbonico il compito di mettere in pratica i propositi riformisti. Nel 1816 vennero emanati gli *Statuti per i Reali Collegi e Licei del Regno*, ossia l'atto legislativo che avrebbe regolato l'istruzione superiore maschile sino all'Unità (*Collezione* 1861, I, 366–420). Gli *Statuti* confermarono e integrarono la normativa napoleonica. Ai Collegi fu data la possibilità di aprire un Convitto, aumentando, in tal caso, il numero delle cattedre. Per quanto riguarda i Licei, fu mantenuta la funzione universitaria: ciascun istituto doveva infatti specializzarsi in una delle Facoltà che componevano l'Università di Napoli, ossia Lettere, Medicina, Giurisprudenza e Scienze, attivando i relativi corsi. Non solo. Fu anche previsto che i Licei potessero rilasciare, previo esame, i gradi dottorali che precedevano la laurea, ossia la *licenza* e l'*approvazione*, in modo da poter abilitare a professioni come il notaio, il farmacista o l'ostetrica. Il numero delle materie obbligatorie, per conseguenza, fu aumentato a 32, con l'eventuale aggiunta di alcune discipline facoltative. Sempre gli *Statuti* stabilirono i testi da adottare, gli orari delle lezioni, la durata del corso di studi, le modalità per lo svolgimento degli esami di profitto, la procedura per l'ottenimento dei gradi dottorali e gli stipendi del personale. La gestione amministrativa toccò ad un Consiglio di Amministrazione, composto dall'intendente della provincia, dal rettore, dall'economista e da alcuni proprietari locali: tale organismo provvedeva agli acquisti, decideva i lavori di manutenzione e redigeva il bilancio annuale (Lupo 2005, 64–65; 2012a, I, 535–578; 2012b, 159–180).

La struttura amministrativa, posta sotto il controllo del notabilato locale, e la tipologia della didattica, che presupponeva il possesso di una certa cultura di base negli allievi, mostrano quale fosse il sostrato politico culturale su cui si fondava la riforma napoleonica, poi recepita dai Borbone: i Reali Collegi e Licei (da ora RCL) dovevano essere un punto di riferimento per l'istruzione della classe media. Gli istituti pubblici, in altre parole, costituivano una possibilità offerta dallo Stato a chi, pur non potendo permettersi l'istruzione privata, da sempre assai diffusa

e più costosa di quella pubblica, intendeva comunque migliorare, o almeno preservare, il proprio status sociale.

Un altro punto qualificante della riforma napoleonica, poi recepito dalla Restaurazione, era che i RCL andassero a potenziare le funzioni urbane delle città di provincia, coadiuvando l'Università di Napoli nel formare i ranghi intermedi della classe dirigente, nonché i giovani destinati alle professioni liberali, i quali, proprio grazie alla presenza dei RCL, non avrebbero dovuto spostarsi nella capitale per gli studi. Le Tavole 1, 2, 3 e 4, che presentano la distribuzione territoriale dei RCL negli anni 1820, 1831, 1845 e 1859, mostrano come questo obiettivo sia stato gradatamente raggiunto nel corso del tempo.

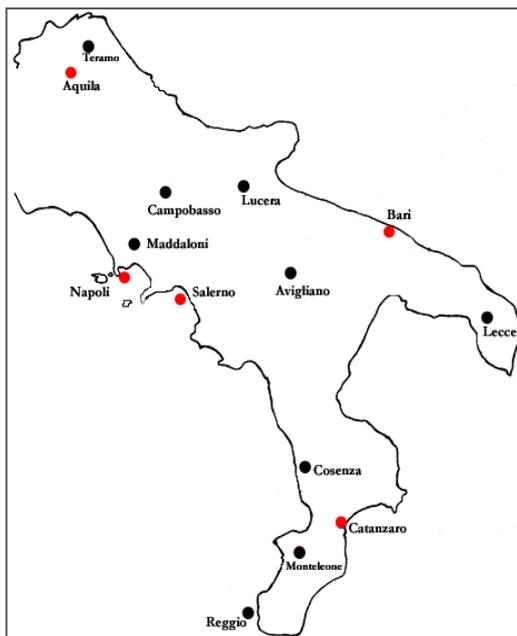


Tavola 1, anno 1820. In rosso i Licei.
Fonte: (Lupo 2012a, II, *Carte Storiche*, 86-90).

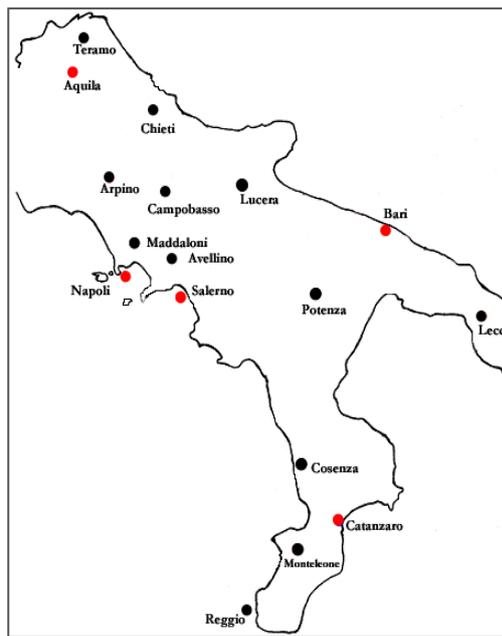


Tavola 2, anno 1831. In rosso i Licei.
Fonte: cfr. Tavola 1.

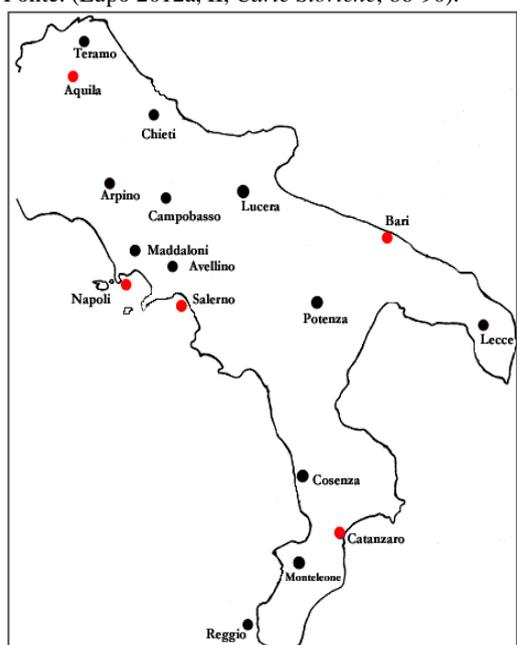


Tavola 3, anno 1845. In rosso i Licei.
Fonte: cfr. Tavola 1.

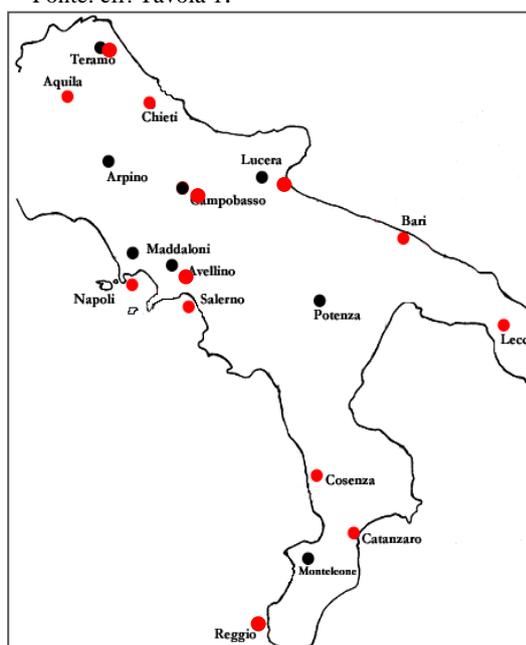


Tavola 4, anno 1859. In rosso i Licei.
Fonte: cfr. Tavola 1.

A conclusione di questa breve panoramica introduttiva, ecco alcuni dati. Poco prima dell'Unità, nel Regno delle Due Sicilie funzionavano 17 RCL, suddivisi in 13 Licei e 4 Collegi, frequentati da quasi 4.500 alunni. Le cattedre erano circa 400, di cui la metà universitarie. La dotazione statale, infine, toccava la ragguardevole cifra di 102.000 ducati annui, cui si aggiungevano gli incassi delle rette e le cifre, spesso cospicue, che derivavano dalla gestione di beni di varia natura e provenienza (Lupo 2013, 283–310).

3 I CONVITTI: COSA, QUANTO, COME E PERCHÉ SI MANGIAVA

I RCL, insomma, erano organismi urbani per la classe media di provincia, sui quali, come vedremo meglio tra breve, lo Stato investiva delle risorse non indifferenti: tutte caratteristiche, queste, essenziali ai fini del nostro discorso. Ma procediamo con ordine. Abbiamo detto che in ogni istituto funzionava un Convitto, parte integrante della struttura scolastica. Qui vivevano gli alunni: sia i figli di coloro che non risiedevano in città, sia quelli di chi, pur vivendo nei pressi delle sedi scolastiche, preferiva comunque che lo Stato educasse in via esclusiva la prole. Nel Convitto, infatti, si entrava prestissimo, di regola attorno agli 8/10 anni di età, mentre l'uscita, in assenza di particolari problemi, era prevista non oltre il 18° compleanno, salvo dei brevi rientri famiglia per le vacanze. Benché non fosse privo di tensioni, questa sorta di rito oblativo era sopportato di buon grado dalle famiglie: intanto perché il Convitto urbano era facilmente raggiungibile nel corso delle visite periodiche consentite dai regolamenti; ma soprattutto per la ragione che la scuola pubblica – lo abbiamo già sottolineato – era un prezioso strumento di mobilità sociale.

I genitori affidavano dunque i figli allo Stato, accettando che i poteri pubblici li plasmassero secondo i propri fini. Incarico che i RCL si assumevano sulla base di un progetto educativo ben preciso. Senza entrare nel merito degli aspetti didattici, che qui non sono pertinenti, osserviamo come gli *Statuti* obbligassero alla stretta osservanza di una disciplina ferrea, di stampo quasi militaresco. Nei Convitti ogni azione era regolamentata in dettaglio; ogni richiesta necessitava di un'apposita autorizzazione. Alla base di questa logica, tutta fondata sul valore pedagogico di permessi e divieti, stava l'idea che abituare al rispetto di un insieme di regole avrebbe portato gli allievi a interiorizzare la presenza di una rigida catena di comando, che avrebbero poi ritrovato al loro rientro in società: nei Convitti, in altre parole, si instillava la deferenza verso l'ordine costituito, al cui mantenimento i giovani avrebbero un giorno contribuito e partecipato (Russo 2012, 619–656; 2013, 1–18).

L'alimentazione costituiva un aspetto importante di questo sistema, tanto che gli *Statuti* ne dettavano minuziosamente le regole. E qui si entra nel merito del punto che più ci interessa. Occorre anzitutto sottolineare come la dieta si presentasse molto ricca e variata: era stabilito infatti che si consumassero pane, pasta, carne, pesce, ortaggi, frutta, vino e acqua, con l'aggiunta, a discrezione dei rettori, di riso, altri tipi di cereale, dolci e persino di qualche leggero superalcolico, ad esempio il rosolio, in occasione delle feste comandate. Sempre gli *Statuti* prevedevano tre pasti al giorno: colazione, pranzo e cena. Tranne che a colazione, le quantità di cibo variavano a seconda dell'età. Ecco cosa si mangiava durante una giornata tipo. La colazione consisteva in un biscotto e della frutta. Il pranzo degli alunni più grandi era formato da tre piatti caldi, ossia un primo, un secondo e un contorno di verdure, e poi frutta, pane, vino. Ai piccoli spettavano le medesime cose, ma in minore quantità. Per cena, infine, era servito un altro piatto caldo, in genere una minestra con pasta, accompagnato da un contorno di verdure, pane e vino, ancora in dose ridotta per i più giovani (*Collezione* 1861, I, 366–420).

La Tavola 5 riepiloga l'articolazione dei pasti con le relative quantità, anch'esse stabilite negli *Statuti*.

ALUNNI GRANDI			ALUNNI PICCOLI		
Pranzo			Pranzo		
Alimento	Quantità	Calorie	Alimento	Quantità	Calorie
Pasta	1/6 rotolo (150 gr.)	550	Pasta	1/8 rotolo (110 gr.)	400
Carne	1/6 rotolo (150 gr.)	270	Carne	1/8 rotolo (110 gr.)	198
Pane	1/4 rotolo (220 gr.)	600	Pane	1/6 rotolo (150 gr.)	400
Vino	1/2 caraffa (1/3 litro)	180	Vino	1/3 caraffa (1/4 litro)	135
Totale pranzo		1.600	Totale pranzo		1.133
Cena			Cena		
Pasta	1/7 rotolo (130 gr.)	475	Pasta	1/7 rotolo (130 gr.)	475
Pane	1/6 rotolo (150 gr.)	410	Pane	1/6 rotolo (150 gr.)	410
Vino	1/2 caraffa (1/3 litro)	180	Vino	1/3 caraffa (1/4 litro)	135
Totale cena		1.065	Totale cena		1.020
Totale giornaliero		2.665	Totale giornaliero		2.153

Fonti: per le quantità (*Collezione* 1861, I, 366–420); per le calorie, www.calorie.it, ultimo accesso 29 agosto 2105.

Come si vede, nei Convitti non si soffriva certo la fame. Supponendo che l'apporto calorico dei cibi fosse identico a quello di oggi, dalla Tavola 5 risulta che, senza contare la colazione, difficile da quantificare in termini calorici, né la frutta, la verdura, l'olio e gli altri grassi da condimento, le cui quantità non vengono specificate negli *Statuti*, gli alunni grandi assumevano oltre 2.600 calorie al giorno, mentre i piccoli circa 2.150. Aggiungendo gli alimenti che non abbiamo considerato, è facile ipotizzare che i grandi superassero con facilità le 3.000 calorie giornaliere e i piccoli le 2.500. Si trattava di un quantitativo ragguardevole: tanto per fare un paragone, basti pensare che a quel tempo la maggior parte della popolazione italiana adulta, che peraltro mangiava la carne solo in rare occasioni, si accontentava, in media, di 2.500-3.000 calorie al giorno (Malanima 2016, 1–25); oppure che ancora nel 1913 un operaio milanese, impegnato fisicamente per almeno 10 ore, assumeva poco più di 3.000 calorie, sempre quotidiane (Somogy 1973, 841–887).

A ulteriore riprova della sua importanza, va osservato che l'alimentazione rappresentava una voce importante del bilancio dei RCL. Sempre dagli *Statuti* si ricava infatti che la spesa poteva raggiungere i 20 grana al giorno per persona, pari a circa 73 ducati l'anno: una cifra molto superiore al livello di sussistenza, che per l'epoca viene calcolato in circa 30 ducati annui, riferiti, per giunta, ad un adulto che quasi mai svolgeva un'occupazione sedentaria (Storchi 1985, 145–163; Lupo 2005, 102). La spesa per il vitto assorbiva dunque una buona parte delle risorse disponibili – contribuendo peraltro a tonificare l'economia locale, dato che gli acquisti venivano sempre effettuati in loco. Negli anni Cinquanta, ad esempio, il Liceo di Lecce, che ospitava circa 130 persone tra convittori e dipendenti, spendeva in alimenti quasi 8.000 ducati l'anno, pari ad oltre il 40% del budget complessivo. Vale la pena di osservare che i costi non erano dappertutto uguali. Stando ad alcuni documenti risalenti agli anni Quaranta e Cinquanta, infatti, mentre il Collegio di Chieti spendeva circa 17 grana al giorno pro capite, a Campobasso si scendeva a 15,5. Nel Collegio di Maddaloni, invece, uno dei più rinomati del Regno, il nutrimento di un allievo costava circa 18,5 grana al giorno, mentre a Cosenza si toccavano i 19 (Russo 2013; Archivio di Stato di Napoli).

Come mai lo Stato borbonico, certo non famoso per l'alto livello della propria spesa pubblica, investiva tali e tante risorse? I RCL erano un punto di contatto tra lo Stato stesso e le comunità locali: i poteri pubblici, sia centrali sia periferici, avevano perciò ogni interesse al buon andamento della vita scolastica. L'alimentazione, in particolare, rappresentava un significativo banco di prova. Ciò per vari motivi. Intanto perché la spesa alimentare era un indicatore dello sforzo profuso in istruzione. In secondo luogo, va considerato che la quantità e la qualità del cibo erano

altrettante armi per vincere la concorrenza delle scuole private, conquistando l'approvazione e mantenendo la fedeltà delle famiglie. Bisogna poi osservare che l'immagine e il decoro degli istituti scolastici era un elemento importante per le comunità locali, che vedevano nella presenza dei RCL un fattore di progresso culturale e orgoglio campanilistico. Ma la circostanza che più di ogni altra spiega la propensione a spendere da parte dello Stato borbonico sta nel fatto che nei RCL non si poteva mangiare peggio che in famiglia: gli alunni, tutti appartenenti al ceto medio, andavano perciò nutriti secondo gli standard del gruppo sociale di provenienza.

Una volta stabilito *cosa e quanto*, veniamo al *come* si mangiava. In questo caso – ovviamente – non si tratta di scoprire se i cuochi fossero bravi o meno, ma le modalità secondo cui avveniva il pasto. Stando alla normativa, neppure la convivialità si sottraeva al rispetto di un cerimoniale ben preciso e rigidamente prefissato. Così, lungi dal rappresentare solo il momento in cui si soddisfaceva l'appetito, anche la distribuzione e il consumo del cibo facevano parte di un sistema di regole, simboli, codici e riti che si ripetevano ogni giorno, per molti anni. Nel refettorio si accedeva compostamente e nel rispetto della gerarchia: prima il rettore e poi, in sequenza, i prefetti, i docenti, gli allievi più grandi e infine i piccoli. Dopo la preghiera e l'ordine di sedersi, ecco le portate, che venivano distribuite seguendo la medesima scala gerarchica. Il pasto veniva poi consumato badando alla postura, all'uso delle posate e alla masticazione. Attraverso il refettorio, inoltre, transitavano tutte le comunicazioni: quelle private, ossia le lettere dei familiari, ma soprattutto quelle pubbliche, consistenti nell'assegnazione di premi e/o punizioni, con l'intento di suscitare emulazione oppure vergogna. Molto diffusa era anche la pratica che gli allievi leggessero, a turno, dei brani tratti dalla biografia di uomini illustri della storia patria, al duplice scopo di affinare la capacità oratorie senza emozionarsi davanti ad una platea, nonché di sottolineare le virtù civili dei personaggi in questione, onore e vanto della nazione che un domani gli allievi avrebbero dovuto servire con fierezza e spirito di appartenenza. Il momento del pasto serviva infine anche a celebrare, sottolineandole con la distribuzione di pietanze diverse dal solito, le ricorrenze della vita politica e religiosa – compleanno del Re o della Regina, avvenimenti patriottici, feste comandate e via dicendo (Russo 2012, 619–656; 2013, 1–18).

A questo punto si intuisce la soluzione anche del quarto e ultimo interrogativo, ossia *perché* si mangiasse nei RLC – oppure, più in generale, per quale ragione lo Stato incoraggiasse e finanziasse la presenza di strutture, come i Convitti, in cui gli alunni erano seguiti e influenzati per tutta l'età evolutiva. Premesso che i Convitti servivano anche ad ampliare il bacino di utenza, facilitando l'accesso a chi viveva in paesi o villaggi più o meno lontani dalle città principali, la risposta è che la permanenza in Convitto consentiva di creare nei giovani il senso di appartenenza ad una comunità, di cui lo Stato era legislatore e garante, fondata sul rispetto dell'ordine e delle gerarchie.

4 LA PROSECUZIONE DELLA RICERCA: IPOTESI DI LAVORO

I RCL non erano le uniche strutture dove i processi educativi si prefiggevano, anche attraverso le modalità di somministrazione del cibo, di formare individui fedeli al potere costituito. Come ovunque nell'Ottocento, infatti, nel Regno delle Due Sicilie i luoghi destinati all'istruzione erano separati per genere: ai maschili RCL si giustapponevano i femminili Reali Educandati. Benché già previsti nel periodo napoleonico, gli Educandati vennero realizzati solo con la Restaurazione. La loro storia è ancora poco conosciuta, sebbene, in linea di massima, si possa dire che l'obiettivo principale era quello di formare la *buona madre di famiglia*, quasi la moglie ideale per gli allievi dei RCL, che doveva destreggiarsi nelle lettere, nell'amministrazione domestica e nei cosiddetti *lavori donneschi*. Quanto, come e secondo quali criteri venivano nutrite le giovani pensionanti?

Oltre agli Educandati, esisteva un'altra istituzione che ospitava delle donne, di solito a rischio povertà e/o malcostume, provvedendo al loro sostentamento. Si trattava dei Conservatori, i quali, sebbene non fossero entità pubbliche a tutti gli effetti (si trattava quasi sempre di Opere Pie), sottostavano comunque a norme statali. Destinati alle classi meno abbienti della popolazione, i Conservatori, oltre a proteggere le ospiti dai pericoli morali e materiali, somministravano spesso anche un'istruzione di base. Visto il referente sociale, qui si mangiava sicuramente di meno e

peggio che negli Educandati. Ma in cosa consistevano le differenze? Quali erano, in altre parole, i riflessi dell'appartenenza cetuale sul cibo, sull'istruzione e sui nessi tra questi due elementi?

Tornando al genere maschile, bisogna menzionare un'ultima realtà, che, per quanto fuori dalla giurisdizione dello Stato, non può escludersi da questa ricerca. Alludiamo ai tanti Seminari che costellavano il territorio del Regno. Benché non si conosca con esattezza il numero dei residenti, è facile supporre che si trattasse di molte centinaia di persone, tra insegnanti, allievi e amministratori. Che rapporto intrattenevano tutti costoro con l'alimentazione e le sue regole?

Se considerate nel loro insieme, le strutture ora elencate oltrepassavano il centinaio. Popolate da diverse migliaia di individui, esse formavano perciò un mondo assai vasto, multiforme e articolato, in cui cibo, istruzione e potere si intrecciavano strettamente, in modi e forme ancora da scoprire. Per concludere, un'ultima riflessione. Come è ovvio, anche durante la prima metà dell'Ottocento la Penisola si caratterizzava per le sue specificità regionali, che si ripercuotevano sui regimi alimentari, sicché, in fatto di nutrimento correivano grandi differenze tra Napoli e Potenza, Campobasso e Lecce, Bari e Catanzaro, Lecce e Cosenza. Sarebbe impossibile, quindi, non proporsi di indagare come cambiava l'alimentazione in relazione al territorio: una varietà che va rispettata anche nel caso delle strutture scolastiche.

5 RIFERIMENTI

Archivio di Stato di Napoli, Ministero della Pubblica Istruzione, fascio 253.

Collezione delle Leggi, dei Decreti e altri atti riguardanti la Pubblica Istruzione promulgati nel già reame di Napoli dall'anno 1806 in poi. (1861-1863). Napoli: Stamperie del Fibreno, 1-1.881. [Ristampa digitale Lupo, M., Gargano, A., & Marra A. (cur.). (2014). Napoli: CNR-ISSM. www.issm.cnr.it (ultimo accesso 27 giugno 2109)].

Lupo, M. (2005). *Tra le provvide cure di Sua Maestà. Stato e scuola nel Mezzogiorno tra Settecento e Ottocento.* Bologna: Il Mulino.

Lupo, M. (2012^a). *L'istruzione superiore pubblica nel Mezzogiorno continentale (1767-1859): strutture, problemi e interpretazioni storiografiche attraverso un approccio quantitativo.* In Bianchi, A. (a cura di), *L'istruzione in Italia tra Settecento e Ottocento. II. Da Milano a Napoli: casi regionali e tendenze nazionali. Studi e carte storiche.* Brescia: La Scuola, 535-578.

Lupo, M. (2012b). *Il "sistema universitario" pubblico nel Mezzogiorno continentale prima e dopo l'Unità (1810-1876).* In Ferraresi, A., & Signori, E. (a cura di). *Le Università e l'Unità d'Italia (1848-1871).* Bologna: CLUEB, 159-180.

Lupo, M. (2013). *Il sistema scolastico.* In Malanima, P., & Ostuni, N. (a cura di). *Il Mezzogiorno prima dell'Unità. Fonti, dati, storiografia.* Soveria Mannelli (CZ): Rubbettino, pp. 283-310.

Malanima, P. (2016). *Cibo e povertà nell'Italia del Sette e Ottocento.* *Rivista di Storia Economica e Sociale*, I, 1-25.

Russo, T. (2012). *L'istruzione superiore nel Mezzogiorno preunitario dall'età delle riforme alla vigilia dell'Unità: docenti, libri di testo, vita materiale in Convitto.* In Bianchi, A. (a cura di). *L'istruzione in Italia tra Settecento e Ottocento. II. Da Milano a Napoli: casi regionali e tendenze nazionali. Studi e carte storiche.* Brescia: La Scuola, 619-656.

Russo, T. 2013. *L'istruzione superiore maschile nei "dominj al di quà del faro" prima dell'Unità. Atti dei convegni.* Disponibile da www.forumscuolestorichenapoletane.it (ultimo accesso 16 giugno 2016).

Somogy, S. (1973). *L'alimentazione nell'Italia unita.* In *Storia d'Italia.* Torino: Einaudi, vol. V, *Documenti I*, 841-847.

Storchi, M.R. (1985). *L'alimentazione nel Regno di Napoli attraverso i dati della Statistica murattiana.* In Lepre, A. (a cura di). *Studi sul Regno di Napoli nel decennio francese (1806-1815).* Napoli: Liguori, 145-163.

Gauging Science & Technology

MARIO DE MARCHI

CNR-IRCrES, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile, via dei Taurini 19, 00185 Roma, Italy

corresponding author: mario.demarchi@ircres.cnr.it

ABSTRACT

The great number of theories of technological change witnesses a difficulty in devising and performing the crucial experiments, which would allow a rational choice among alternative explanations. A preliminary step of the methodological process that must be completed to overcome such difficulty is the construction of consistent taxonomies of the S&T Indicators available to test current theories. By rationally defining sound criteria for the measurement of S&T activities, a well-founded taxonomy like that will provide scholars with clearer and better analytical instruments for theoretical discussion. As a consequence, the empirical investigation, which always ought to be closely linked with theory, could improve as well.

KEYWORDS: Science&Technology Indicators; Oecd.

JEL CODES: C10, C38, I25

HOW TO CITE THIS ARTICLE

De Marchi, M. (2018). Gauging Science & Technology. *Quaderni IRCrES*, 4(1), 67-71.
<http://dx.doi.org/10.23760/2499-6661.2019.005>

-
- 1 Structure of the article
 - 2 Introduction
 - 3 A first attempt
 - 4 Analysing a crucial feature of S&T
 - 5 The eight Categories
 - 6 Conclusions: possible applications of our taxonomy in future studies
 - 7 References
-

1 STRUCTURE OF THE ARTICLE

The chapter is organised as follows. In Section 2, the reasons for writing it, its main topics, its possible utility for Innovation Economics are discussed. Section 3 briefly recalls a previous article of which the paper is a development. Section 4 refers to some fundamental characteristics of Science and Technology in order to define criteria generating the proposed new taxonomy of Oecd S&T Indicators. In Section 5, the essential features specifying each one of eight categories of Indicators, which make up our original taxonomy, are presented. Finally, in Section 6, perspectives for new research are hinted at.

2 INTRODUCTION

By accelerating the selection of the best methods and ideas for the scholars' discussion to conceive, measure, and test S&T indicators, a new original taxonomy of such indicators (which are collected worldwide applying Oecd standards) may strongly favour the progress in the measurement of scientific research and technological innovation activities. Indeed, just the great number of competing theories of technological change witnesses a difficulty in devising and performing the crucial experiments, which would allow a rational choice among alternative explanations. There is no scarcity of quantitative indicators suggested for the collection of statistical information on scientific research and technological innovation: far from it (Godin, 2004). However, in the end, the very plenty of magnitudes may spoil the coherence of theoretical constructions, and it must be reined in by a rigorous set of rules. This article is an attempt at putting forth these rules by defining a consistent and exhaustive taxonomy of Oecd S&T indicators, based first of all on a coherent description of the possible ways undertaken by rational search for new knowledge, involving either scientific research or technological innovation. The proposed taxonomy, if valid, would help bringing more order in the measurement of technological change and scientific progress. If this article succeeds in better clarifying the theoretical bases for S&T measurement, then it will also contribute to improving the methods and analytical tools for empirical studies on the topic, given the pervasive link that in science always exists between abstract discussion and practical investigation.

3 A FIRST ATTEMPT

In an initial step towards a, much needed, consistent taxonomy of S&T indicators, we drew the distinction which opposed indicators measured through “subjective statements” on S&T activities against indicators resulting from “inter-subjective statements” (the latter referring to those assertions which derive from agreements among the opinions of scientists, technicians, entrepreneurs, etc.). Besides, the definitions used all over the world to collect data on R&D point out a difference opposing “theoretical” investigation against “practical” activities. A couple of criteria were therefore based upon these contrasts regarding S&T through: i) judgments on it (either subjective or inter-subjective) and ii) nature of its activities (either theoretical or practical). These criteria determine a four-category taxonomy of S&T indicators (De Marchi, 2016) whose classes were identified by the combinations between the two couples of basic features attributed to Scientific and Technological activities. Further reflections have led its Author to abandon this taxonomy, which proved as tentative as most results always are in science's progress. On one side, the distinction between subjective and inter-subjective, although appealing at first sight, vanishes as one considers that for a judgement to enter accepted scientific knowledge it has to get some interpersonal approval, which makes “inter-subjective” every assertion about S&T activities. On the other side, despite some questionable usages which may still be found in the literature, it is clear that the term “theoretical”, concerning universal concepts, ought to be counterpoised to “ad-hoc” (explanation) not to “practical” (Popper, 1992). Universal assertions with a practical content can well exist - and they are found, for instance, in the field of applied research. As a consequence, the 4-category classification was abandoned, and replaced by a more sophisticated and complex

taxonomy, one based on criteria which would hopefully not be constrained within too narrow epistemological approaches.

4 ANALYSING A CRUCIAL FEATURE OF S&T

In order to increase scope and relevance of our new taxonomy of Oecd's S&T Indicators, we have based it on an irrefutably essential characteristic of S&T activities: both the (abstract) science and the (practical) technology aim at reaching [REPRODUCIBLE • RESULTS], and therefore consist in a search for [GENERAL • SOLUTIONS]. Three couples of twin characteristics can be derived from the [GENERAL • SOLUTIONS] binary relationship by simultaneously allowing for the [Science *versus* Technology] divide:

- A) general *versus* particular;
- B) abstract *versus* practical;
- C) questions *versus* answers.

They determine eight categories. Let us examine in some detail each of them, using their qualifications to describe and label the different kinds of indicators told apart by our taxonomy.

5 THE EIGHT CATEGORIES

(I) *Contemplative science*

First comes the category of indicators on those S&T activities which consist in the investigation of [general • abstract • questions]. The Oecd establishes clear bases to measure financial and human resources invested for this activity, that its *Frascati Manual* defines as “Pure research”.

(II) *Finalised research on general questions*

The second category is made up by indicators measuring the S&T activity specified by the triplet: [general • practical • questions]. Also this category of indicators is neatly identified by the *Frascati Manual*, which provides scholars and statisticians with a safe basis for the measurement of “Applied research”.

(III) *Scholarly literature*

The third category of our taxonomy is formed by indicators measuring S&T activities resulting in: [general • abstract • answers]. Scientists usually propose new solutions to the questions posed by their disciplines' research programmes, and submit them to their peers' scrutiny, by publishing them. Publication count is commonly considered a sensible way of weighing scientific output, provided that such measurement concerns large aggregates, which will tend to level out relevant qualitative differences among each article and among each quotation.

(IV) *Technological Innovations*

Our fourth category is made up by indicators measuring the S&T activities, which have resulted in: [general • practical • answers]. These consist in indicators measuring the introduction of new ways to meet general practical needs: namely technological innovations. About the statistical collection of the data, which produce such indices, Oecd's *Oslo Manual* establishes sound, straightforward guidelines.

(V) *Experimental science*

The fifth category of indicators include those measuring S&T activities which provide [particular • abstract • answers] by looking for new empirical observations. The progress that new evidence would in the end produce in a scientific discipline can prove impossible to foretell even

for specialists. The indicators most plausibly attributed to Category (V) shall be inputs, such as the investment in the equipment needed to perform scientific experiments, and the wages paid to personnel involved in experimental research projects. Indeed, these proxies might sensibly estimate the relevance that, ex-ante, the scientific cadre and the policy-maker following its advice attribute to a particular abstract question.

(VI) *Engineering*

The sixth category of our taxonomy covers the indicators measuring S&T activities that have produced [particular • practical • answers]. These indicators ought to gauge correctly the value of the new practical applications deriving from currently available theoretical knowledge. It is hard to estimate the precise value of this knowledge for the economic system or the society as a whole. Statistical offices will usually have to settle for a second best, by referring to a proxy such as the inputs in engineering activities.

(VII) *Statistical induction*

The seventh category is meant to include indicators measuring S&T activities of researchers working on [particular • abstract • questions]. It consists in magnitudes estimating the value that the scientific community and the policy-maker attribute to the collection of data aimed at deriving general conclusions through their elaboration: for instance, human and financial inputs devoted to national statistical *bureaux*. The category is symmetrical to the “Experimental science” one. Indeed, in principle the activities classified in the “Experimental science” Category start with the conception (on the basis of whatever hint) of theories which actively rule the subsequent search for empirical evidence, that may refute or tentatively confirm the hypotheses. Conversely, the activities included in the “Statistical induction” Category begin with the collection of a (given) empirical evidence; then, attempts at generalising the properties shown by data are made, by using the methods of inductive Statistics.

(VIII) *Finalised research on particular questions*

The last category is made up by indicators measuring the activity identified by the triplet [particular • practical • questions]: namely, data on resources invested in “Experimental development”, following the *Frascati Manual's* definition of this search activity.

6 CONCLUSIONS: POSSIBLE APPLICATIONS OF OUR TAXONOMY IN FUTURE STUDIES

The criteria that our taxonomy adopts to sort out S&T indicators are helpful to describe and explain the quantitative levels of S&T activities in national innovation systems. Indeed S&T indicators measure the initial circumstances assumed as data in these explanations and their predictions about the resulting S&T activities. This is perhaps a trivial conclusion, but much less obvious is the further chance that our scheme offers to scholars: it allows them to make entirely new inferences, by going backwards along the path, which was originally followed to build the taxonomy. As a result of these logical steps, each of the indicators Innovation Theory utilises to gauge the S&T activities could be disentangled according to the corresponding triplet identified by our taxonomy. And thanks to this subtler analysis of S&T indicators scholars may reach a deeper understanding of the processes underlying scientific progress and technological innovation.

7 REFERENCES

- De Marchi, M. (2016). A Taxonomy of S&T Indicators, *Scientometrics*, 106, 1265–1268.
Godin, B. (2004). *Measurement and Statistics on Science and Technology: 1920 to the Present*. London: Routledge.

- Oecd (2015) *Frascati Manual* (Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development). Paris.
- Oecd (2018). *Oslo Manual* (The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities). Paris.
- Popper, K.R. (1992). *The Logic of Scientific Discovery*. London: Routledge.

Recensioni / Reviews / Notes de lecture



Yvonne Fracassetti Brondino et Alain Fracassetti. (2019). *La charrette à bras ou l'histoire d'une famille italienne émigrée en France*. Paris: L'Harmattan. (ISBN: 978-2-343-17082-4 • 25 mars 2019 • 162 p.).

<http://dx.doi.org/10.23760/2499-6661.2019.006>

italiano
francese

ITALIANO

Yvonne Fracassetti Brondino e Alain Fracassetti sono autori di *La charrette à bras ou l'histoire d'une famille italienne émigrée en France*, pubblicato presso la casa editrice francese L'Harmattan, già alla terza edizione.

L'intenzione iniziale degli autori era di preparare un "Album di famiglia" a partire da fotografie e qualche documento per trasmettere la loro memoria e quella dei genitori (poco loquaci) ai loro figli e nipoti, alcuni italiani e altri francesi. Nel tempo l'esercizio è sfociato nel racconto discreto, a volte distaccato, di una sorella e di un fratello, che vivono in due paesi diversi (la prima in Italia e il secondo in Francia), che si sono riuniti intorno a ricordi e sentimenti, inconsciamente accantonati nell'oblio, mai evocati nonostante la vicinanza affettiva e la loro complicità. E così, questo loro ricordare si è tradotto in un libro di memoria relativo al percorso dei loro genitori, emigrati italiani in Francia dove hanno creato una famiglia.

All'inizio c'è un ragazzo. Il quattordicenne Guido. La prima radice che affonderà nel suolo francese per dare vita all'albero Fracassetti. La sua storia comincia con una rottura con il passato (l'Italia) poi presto si orienta verso una costruzione nella continuità (Francia). Da giovane, lavora in una fabbrica di mattoni, materiale di base di ciò che diventerà il suo mestiere da adulto: muratore. Una scelta quanto mai rivelatrice di un destino da costruire, se si può dire, mattone per mattone.

Muratore, poi imprenditore, il padre costruiva case per gli altri. Per sé ha "costruito" una famiglia, poi le ha regalato il tetto più sicuro per "edificare" una storia che ha voluto diversa dalla sua. Perciò, ha deciso di tacere un passato e un'appartenenza italiana ai suoi figli che egli voleva "cittadini francesi", statuto che lui non aveva ancora ottenuto per sé e per la moglie, bergamasca come lui. Ma la riflessione casuale e quasi insignificante di una amica intima fa aprire gli occhi a Yvonne, sua figlia adolescente, su un dilemma che lei avrebbe dovuto affrontare un giorno o l'altro (p. 19–20). Cresciuta nella cultura dell'uguaglianza repubblicana del "suo" paese (la Francia), intravede in un lampo la differenza tra "uguaglianza" e "assimilazione", tra "paese

idealizzato” e “paese reale”, la “scelta” dei genitori e pure l’Italia delle loro origini, tenuta nascosta ai figli.

Dopo la lettura del libro, rimaniamo colpiti da tre avvenimenti che si riassumono in tre immagini chiare ed eloquenti:

- L’immagine del quattordicenne che scende dalle sue montagne bergamasche per seguire compaesani adulti e iniziare con loro un cammino ignoto, di sole incertezze e di pochi sogni (p. 46–47).
- La scena che si svolge sul binario di una stazione di frontiera franco-italiana durante la guerra nel 1939 (p. 80–81). Una giovane donna, a cui viene impedito di andare verso il marito che sosta dall’altra parte, spinge il loro bambino piccolo e gli chiede di correre verso il padre per abbracciarlo. Grazie a quel gesto, il *Primo Uomo* camusiano è sorto nel ramo Fracassetti. Venendo dall’Italia, il piccolo Jojo Fracassetti ha raggiunto la sua terra natale e la sua patria: la Francia.
- La chiamata alle armi giunta a Jojo Fracassetti, cittadino francese per servire la patria sotto la bandiera nazionale nella guerra d’Algeria (p. 125–126). La famiglia sbalordita per l’assurdità e, secondo loro, l’estraneità alla vicenda, ha capito a proprie spese come si vive un’altra faccia della integrazione degli emigrati.

Quando si convoca la propria memoria, si sa che si richiama l’inconscio e ci si proietta in una dimensione psichica importante. Si fa la cernita delle immagini che talvolta richiedono di essere smistate per l’ingorgo creatosi nella calca dei ricordi. Occorre allora buttare le maschere, rovistare nell’intimo per riconsiderare la propria storia e quella della propria famiglia. Gli autori non fanno i conti con il passato, ricco di diversi contesti politici, sociali e economici di circa un secolo. Hanno assorbito questo loro frugare nei ricordi per capire meglio ciò che credevano aver sempre saputo. Un lavoro che li ha aiutati finalmente a capire dall’interno il vissuto della loro famiglia, di scoprire la loro storia comune dal “di dentro” e di integrare il tutto in una visione più chiara: l’integrazione voluta dal padre per i figli e pienamente vissuta da questi.

Discreta e (qualche volta esageratamente) pudica, questa scrittura della memoria è per definizione affettiva perché testimonia di un vissuto personale. Quest’opera rientra nella categoria di ciò che gli storici chiamano “Memorie” o “Storie di vita”. Infatti se testimonia della vita personale di una famiglia, essa rientra nell’ordine del collettivo poiché trascrive un vissuto di emigrati italiani in Francia. Trasmette alla posterità il ricordo di fatti congiunturali e perfino sensazioni personali provate. Avvia direttamente la riflessione su un fenomeno ancestrale di storia umana che non cessa di riprodursi, dappertutto e in tutti i tempi, ma con colori, fisionomie, lingue e culture diversi. Era ed è tuttora trattato con altrettante differenze. Parliamo dell’immigrazione/emigrazione con il suo corollario: l’accettazione dell’Altro, in quanto persona con il suo vissuto e il suo statuto nel quadro contemporaneo del multiculturalismo della diversità.

Raoudha Guemara (Università di Tunisi)

FRANCESE

Yvonne Fracassetti Brondino et Alain Fracassetti sont les auteurs du livre intitulé *La charrette à bras ou l’histoire d’une famille italienne émigrée en France*. Publié par L’Harmattan, il est déjà arrivé à la troisième édition.

Au départ, les auteurs avaient l’intention de préparer un “Album de famille” en recueillant des photographies et quelques documents variés afin de transmettre leurs souvenirs et ceux des parents (peu loquaces dans la vie comme dans les écrits) à leurs enfants et petits-enfants, certains italiens et d’autres français. Avec le temps, ce projet aboutit à un récit discret, voire quelque peu détaché, d’une sœur et d’un frère, qui vivent dans deux pays différents (la première en Italie et le second en France) et qui se réunissent autour de souvenirs et de sentiments inconsciemment relégués dans l’oubli, jamais évoqués nonobstant l’affection et la complicité qui les unissent.

Ainsi d'évocation en évocation, la réminiscence du passé commun (souvent vécu parallèlement) se traduit dans un livre de mémoire relatif au parcours de leurs parents, émigrés italiens en France où ils ont créé une famille.

Tout commence avec Guido, un jeune garçon de quatorze ans, destiné à être la semence qui germera dans le sol français pour donner vie à l'arbre Fracassetti. Son histoire commence par une rupture avec le passé (l'Italie) puis bien vite, elle s'oriente vers une construction dans la continuité (la France). Durant sa jeunesse, il travaille dans une briqueterie, fabriquant des briques, matériaux de base de ce qui deviendra son métier d'homme adulte: maçon. Un choix certainement inconscient, mais combien révélateur d'un destin à construire, si l'on peut dire, brique par brique. Maçon puis couvreur et entrepreneur, le père construisait des maisons pour les autres mais se spécialisait aussi dans les toitures. Pour lui-même, il a "construit" une famille. Ensuite, il lui a offert le plus solide des toits pour "édifier" une histoire qu'il a voulue différente de la sienne. Pour cette raison, il a décidé de taire un passé et une appartenance italienne à ses enfants qu'il voulait "citoyens français", ce statut qu'il n'avait pas encore obtenu ni pour lui ni pour sa femme, bergamasque comme lui. Mais la réflexion anodine et fortuite d'une amie intime fait ouvrir les yeux à Yvonne, sa fille adolescente, sur un dilemme qu'elle devait affronter un jour ou l'autre (p. 10–20). Ayant grandi dans la culture de l'égalité républicaine de "son" pays (la France), elle entrevoit en un éclair la différence entre "égalité" et "assimilation", entre "pays idéalisé" et "pays réel", le "choix" de ses parents, mais aussi l'Italie de leurs origines, tenue secrète aux enfants.

Après la lecture du livre, nous restons marqués par trois images claires et éloquents:

- L'image du jeune garçon, âgé de quatorze ans, qui descend de ses montagnes bergamasques pour suivre des hommes adultes et commencer avec eux un parcours inconnu, plein d'incertitudes et de rares rêves (p. 46 – 47).
- La scène qui se déroule durant la guerre en 1939 sur le quai d'une gare de la frontière franco-italienne (p. 80–81). Une jeune femme est empêchée d'avancer pour rejoindre son mari qui l'attend de l'autre côté. Elle pousse leur petit garçon et lui demande de courir embrasser son père. Grâce à ce geste, le *Premier Homme* camusien éclot sur la branche Fracassetti. Venant de l'Italie, le petit Jojo Fracassetti a atteint sa terre natale et sa patrie: la France.
- L'appel sous les drapeaux du conscrit Joseph Fracassetti, citoyen français pour servir la patrie dans la guerre d'Algérie (p. 125–126). Stupéfaite devant l'absurdité et l'étrangeté du fait, la famille comprend à ses dépens comment vivre une autre face de l'intégration des émigrés.

Convoquer sa propre mémoire signifie que l'on appelle l'inconscient et que l'on se projette dans une dimension psychique importante. On trie des images qui demandent parfois de passer au crible à cause de l'engorgement provoqué par les souvenirs qui se pressent et s'entassent. Il devient donc nécessaire de jeter les masques, fouiller dans sa propre intimité pour reconsidérer sa propre histoire et celle de sa famille. Les auteurs ne font pas les comptes avec le passé, riche de différentes conjonctures politiques, sociales et économiques qui ont marqué environ un siècle. Ils ont absorbé leur façon de fouiller dans les souvenirs pour mieux comprendre de l'intérieur le vécu de leur famille d'origine, de découvrir leur histoire commune du "dedans" et d'intégrer le tout dans une vision plus claire: l'intégration voulue par le père pour ses enfants et pleinement vécue par ces derniers.

Discrète et (parfois exagérément) pudique, cette écriture de la mémoire est par définition affective parce qu'elle témoigne d'un vécu personnel. Cette œuvre d'Yvonne Fracassetti Brondino et Alain Fracassetti rentre dans la lignée de ce que les historiens appellent "Mémoires" ou "Histoires de vie". Si elle témoigne, en effet, de la vie personnelle d'une famille, elle rentre dans l'ordre du collectif puisqu'elle transcrit un vécu d'émigrés italiens en France. Elle transmet à la postérité le souvenir de faits conjecturaux et même de sensations personnelles éprouvées. Elle engage directement la réflexion sur un phénomène ancestral d'histoire humaine qui ne cesse de se reproduire, partout et dans tous les temps, mais avec des couleurs, des physionomies, des langues et des cultures différentes. Il était et il est toujours traité avec autant de différences. Nous

parlons d'immigration/émigration avec son corollaire: l'acceptation de l'Autre, en tant que personne avec son vécu et son statut dans le cadre contemporain du multiculturalisme de la diversité.

Raoudha Guemara (Université de Tunis)